

विज्ञान परिपट् ग्रन्थमाला

सख्या ३
दे० २१० - चरित्र

विज्ञान-प्रवेशिका

दूसरा भाग

लेखक

महावीरप्रसाद

बी एस्-सी, एल्, टी विशारद

प्रकाशक

विज्ञान-परिपट् प्रयाग

तरी नार]

१९८०

[मूल्य ५]

सम्पादकीय वक्तव्य

विज्ञान परिपट्ट ग्रन्थमालाकी तीसरी पुस्तक "विज्ञान प्रवेशिका दूसरा भाग" हिन्दी भाषियोंके सम्मुख उपस्थित की जाती है, आशा है जैसा आदर हिन्दी ससारने प्रथम दो पुस्तकोंका किया वैसा ही इसका भी करेगा। यह पुस्तक जिस उद्देश्यसे लिखी गयी है और इसमें जो विशेषताएँ हैं वे नीचे लिखी जाती हैं —

(१) यह सभी लोग मानते हैं कि जो बात पर धार देख ली जाती है वह जितनी जल्दी चित्तमें जम जाती है उतनी जल्दी कही हुई बात नहीं जमती। यह साधारण अनुभव विज्ञानकी शिक्षा देनेमें अनिवार्य समझा जाता है। इसी सिद्धान्तके अनुसार इस पुस्तकमें जितनी बातें बतलायी गयी हैं सब प्रयोग द्वारा जाची भी गयी हैं। इनको शिक्षार्थी स्वयम् भी जाच सकता है, क्योंकि प्रयोगोंका पूरा पूरा व्यौरा इतनी सरल और स्पष्ट भाषामें दिया गया है कि इनके अनुसार प्रयोग करनेवालोंको तनिक भी कठिनाई नहीं उत्पन्न हो सकती और बिना किसी शिक्षकके सहारे वे सब प्रयोग कर सकते हैं।

(२) यह सभी जानते हैं कि जिस विषयकी शिक्षाके लिए शिक्षार्थीकी रुचि हृदयसे रहती है वह विषय बहुत जल्द समझमें आ जाता है। इसी सिद्धान्तके अनुसार सदासे शिक्षा प्रणालीमें यह नियम है कि जो विषय पढ़ाना हो उसकी भूमिका वाची जाय अर्थात् यह बतनाया जाय कि

उस विषयका सम्बन्ध क्या है और उसकी उपयोगिता क्यों है। इसी विचारसे प्रस्तुत पुस्तकमें भी विषयको रोचक बनानेके लिए भूमिका बांधनेका प्रयत्न किया गया है। आशा है कि इससे शुष्क वैज्ञानिक प्रयोग भी रोचक लगेंगे और जनतामें विज्ञान सीखनेकी इच्छा बढ़ेगी।

(३) लिद्धान्त समझ लेनेके पश्चात् उसको पूरी तरह चित्तमें जमानेके लिए अभ्यास करनेकी आवश्यकता होती है, इसलिए ७३ क्रिये हुए और वर्णित प्रयोगोंके सिवा अभ्यासार्य प्रयोग और प्रश्न भी प्रचुरताके साथ दिये गये हैं, जिनसे यह भी पता लगाया जा सकता है कि एक ही बात कितने प्रकारके प्रयोगों से जानी जा सकती है।

(४) शिक्षा विभागने अंग्रेजीकी सातवीं, आठवीं कक्षाओंमें हिन्दी उर्दू भाषाओंमें वैज्ञानिक शिक्षा देनेका नियम कर दिया है परन्तु उनमें पारिभाषिक शब्द अंग्रेजीमें बतलाये जाते हैं। इस विचारसे कि प्रस्तुत पुस्तक वहां भी काम दे सके हिन्दी पारिभाषिक शब्दोंके साथ साथ कोष्ठमें अंग्रेजी शब्द भी रख दिये गये हैं, किन्तु इससे केवल हिन्दी जाननेवालोंको कोई कठिनाई नहीं पड़ सकती। आशा है कि इस प्रबन्धसे अंग्रेजी स्कूलके लड़के भी लाभ उठावेंगे। हिन्दी पारिभाषिक शब्दोंका सर्वथा परित्याग सम्भव नहीं है। क्योंकि ऐसे शब्दोंका निर्धारण और व्यवहार विज्ञान परिपट्टका एक प्रधान उद्देश्य है।

(५) इस पुस्तकका नाम "विज्ञान प्रवेशिका दूसरा भाग" रखा गया है क्योंकि इसमें ऐसे विषय रखे गये हैं जिनमें पहले पहल जानकारी कर लेना विज्ञानकी प्रत्येक शाखामें प्रवेश करनेवालोंको आवश्यक है। इसीलिए

विषय-सूची

१—लम्बाई

विषय	पृष्ठ
लम्बाई नापनेकी ब्रिटिश और मेट्रिक इकाइया	१-२
ब्रिटिश और मेट्रिक लम्बाईकी इकाइयोंके सम्बन्धका चित्र	
मेट्रिक-मानका अधिक प्रयोग क्यों होता है ?	४
अभ्यासार्थ प्रश्न १	५
दूरी नापनेकी रीतिया	६
नापते समय हल कैसे प्रयोग करना चाहिये ?	७
प्र० १—किसी दो बिन्दुओंकी दूरी निकालना	८
औसत निकालनेकी रीति	६ १०
प्र० २—लम्बाईकी ब्रिटिश और मेट्रिक इकाइयोंका सम्बन्ध निकालना	१०
अभ्यासार्थ प्रश्न २	१३
प्र० ३—वक्र रेखाकी लम्बाई निकालना	१४
प्र० ४—दृत्तकी परिधि और व्यासका सम्बन्ध निकालना	१६
π का मान	१७
अभ्यासार्थ प्रश्न ३	१६
गोल वस्तुओंके नापनेकी रीतिया	२०
बेलनकी परिधि कैसे नापी जाती है ?	२०-२१
प्र० ५—बेलनकी परिधि नापना	२०
अभ्यासार्थ प्रयोग	२३

२—क्षेत्रफल

परिभाषा	२४
बर्गक्षेत्रका क्षेत्रफल	२५

विषय-सूची

१—लम्बाई

विषय	पृष्ठ
लम्बाई नापनेकी ब्रिटिश और मेट्रिक इकाइया	१ २
ब्रिटिश और मेट्रिक लम्बाईकी इकाइयोंके सम्बन्धका चित्र	
मेट्रिक-मानका अधिक प्रयोग क्यों होता है ?	४
अभ्यासार्थ प्रश्न १	५
दूरी नापनेकी रीतिया	६
नापते समय रूल कैसे प्रयोग करना चाहिये ?	७
प्र० १—किसी दो बिन्दुओंकी दूरी निकालना	८
औसत निकालनेकी रीति	६-१०
प्र० २—लम्बाईकी ब्रिटिश और मेट्रिक इकाइयोंका सम्बन्ध निकालना	१०
अभ्यासार्थ प्रश्न २	१३
प्र० ३—वक्र रेखाकी लम्बाई निकालना	१४
प्र० ४—दृष्टकी परिधि और व्यासका सम्बन्ध निकालना	१६
π का मान	१७
अभ्यासार्थ प्रश्न ३	१६
गोल वस्तुओंके नापनेकी रीतिया	२०
बेलनकी परिधि कैसे नापी जाती है ?	२०-२१
प्र० ५—बेलनकी परिधि नापना	२२
अभ्यासार्थ प्रयोग	२३

२—क्षेत्रफल

परिभाषा	२४
बर्गक्षेत्रका क्षेत्रफल	२५

विषय सूची

विषय	पृष्ठ
प्र० ६—योगक्षेत्रका क्षेत्रफल (खानेदार कागज द्वारा)	२७
ब्रिटिश और मेट्रिक इकाइया	२८
अभ्यासार्थ प्रश्न ४	३०
आयत क्षेत्रका क्षेत्रफल	३०
प्र० ७—, , (खानेदार कागज द्वारा)	३२
अभ्यासार्थ प्रश्न ५	३५
त्रिभुजका क्षेत्रफल	३६
प्र० ८—, , (खानेदार कागज द्वारा)	३८
अभ्यासार्थ प्रश्न ६	४०
वक्रक्षेत्रका क्षेत्रफल	४१
प्र० ९—क्षेत्रफलकी ब्रिटिश और मेट्रिक इकाइयोंका सम्बन्ध	४१
प्र० १०—वृत्तका क्षेत्रफल निकालना	४२
अभ्यासार्थ प्रश्न ७	४४
तोलकर क्षेत्रफल निकालना	४५
प्र० ११—तोलकर वृत्तका क्षेत्रफल निकालना	४५
अभ्यासार्थ प्रयोग	४७

३—ठोसका आयतन

घनफलके मेट्रिक और ब्रिटिश मान	४७-४८
आयताकार ठोसका घनफल	४८
ब्रिटिश और मेट्रिक इकाइयोंका सम्बन्ध	५०-५१
अभ्यासार्थ प्रश्न ८	५३

४—द्रव पदार्थों का आयतन

नपना घट तथा स्यूट	५३-५४
स्यूटसे नापनेकी रीति	५५

विषय	पृष्ठ
नलिका या पिपेट प्रयोग करनेकी रीति	५७
नपनी कुप्पी	५७
प्र० १२—बडी बोतलका आयतन निकालना	५६
प्र० १३—द्रवातका आयतन निकालना	५६
प्र० १४—बहुत बडे घर्तनका आयतन निकालना	६०
प्र० १५—ब्रिटिश और मेट्रिक नपनोंका सन्ध जाचना	६०
प्र० १६—पानीमें डूब जानेवाले ठोसका घनफल	६०
प्र० १७—पानीमें तैरनेवाले ठोसका घनफल	६१
प्र० १८—सुई या सीसेके छुरोंका घनफल	६२
प्र० १९—घन सेंटीमीटर और घन इंच का सम्बन्ध	६३
अभ्यासार्थ प्रश्न ६	६४

५—वेलन, सूची आदिके घनफल

वेलनका घनफल	६५
प्र० २०—वेलनका घनफल नापकर निकालना	६६
प्र० २१—वेलनके घनफलकी शुद्धताकी जाच	६६
प्र० २२—वेलनका घनफल तोलकर निकालना	६६
अभ्यासार्थ प्रश्न १०	६८
दृत्तसूची, गोला और घेलन	६६
प्र० २३—एक ही ऊचाई और व्यासवाली दृत्त-सूची, गोला और वेलनका घनफल तोनकर निकालना	७०
प्र० २४—उपर्युक्त वस्तुओंका सम्बन्ध व्यूहसे निकालना	७१
वेलन, गोला और दृत्तसूचीके घनफलके गुर	७२-७३
अभ्यासार्थ प्रश्न ११	७५
तिपहल और अजुभुज सूचीके घनफल	७६

विषय	पृष्ठ
प्र० २५—पतली काचकी गलीका व्यास नापना	७७
प्र० २६—पतले तारका व्यास नापना	७७

६—मात्रा और भार

मात्राकी नाप	७८
मिट्टि और मेट्रिक इकाइया	७८-७९
भारकी नाप	७९
तुला	८१
प्र० २७—तुलाके अगोंकी जाच	८३
तोलनेके बाट	८४
तोलनेकी विधि	८५
प्र० २८—औंस और ग्रामका सम्बन्ध निकालना	८७
प्र० २९—एक घन सेंटीमीटर पानीकी तोल	८८
कमानीदार तुला	८९
अभ्यासार्थ प्रश्न १२	९१

७—घनत्व

परिभाषा	९२
अभ्यासार्थ प्रश्न १३	९४
द्रवका घनत्व नापना	९४
घनत्वसे आयतन निकालना	९५
अभ्यासार्थ प्रश्न १४	९६

८—आपेक्षिक घनत्व

परिभाषा	९७
दूसरी परिभाषा	९८
आपेक्षिक घनत्व नापनेकी शीशी	१००

विषय	पृष्ठ
प्र० ३०—स्फिरिटका आ० घ० निकालना	१०१
प्र० ३१—वाल्का आपेक्षिक घनत्व निकालना	१०२
प्र० ३२—तृतयेका आपेक्षिक घनत्व निकालना	१०३
अभ्यासार्थ प्र० १५	१०६

६—अर्कमीदिसका सिद्धान्त

वह्वाल	१०७
प्र० ३३—तैरती हुई वस्तुके भार और हटे हुए पानीका सम्बन्ध	१०८
प्र० ३४—हूबनेवाली वस्तुपर पानीकी वह्वाल	११०
अर्कमीदिसका सिद्धान्त	११२
ठोस और द्रवके घनत्व तथा आयतन घनत्व जानना	११३
अभ्यासार्थ प्र० १६	११६
अभ्यासार्थ प्रयोग	११८
तैरनेवाली वस्तुका आ० घ०	११८

१०—पदार्थोंपर तापका प्रभाव

पदार्थकी तीन अवस्थाएँ	१२०
ठोसोंपर तापका प्रभाव	१२१
प्र० ३५—धातुके छड़के बढनेकी जाच	१२२
प्र० ३६—धातुके गोलेके बढनेकी जाच	१२४
द्रवोंपर तापका प्रभाव	१२४
प्र० ३७—गरमीसे पानीके फैलनेकी जाच	१२४
वायव्य पदार्थोंपर तापका प्रभाव	१२६
प्र० ३८—गरमीसे वायव्य पदार्थोंके बढनेकी जाच	१२६
प्र० ३९—पानीमें गरमी पहुँचानेसे तेल कहातक बढ सकता है ?	१२८
ताप और तापक्रम	१२८

विषय	पृष्ठ
प्र० ४०—स्पर्शेन्द्रियोंसे तापक्रमके जाचनेमें धोखा तापमापक	१३० १३१
प्र० ४१—तापमापक बनानेकी क्रिया पारा भरनेकी क्रिया	१३१ १३२
प्र० ४२—द्रवणांक और वृथानांकके चिह्न कैसे बताते हैं ?	१३४
प्र० ४३—द्रवोंके तापक्रम जानना	१३६
प्र० ४४—कैसे वर्तनमें पानी जल्दी गरम तथा ठंढा होता है ?	१३७
प्र० ४५—घोल कब उबलने लगते हैं ?	१४८
प्र० ४६—वर्षमें नमक ढालनेसे तापक्रम कहा तक उतरता है ?	१३८
प्र० ४७—द्रवणांककी शुद्धताकी जाच अभ्यासार्थ प्रश्न १७	१३८ १४६

११—भिन्न भिन्न तापमापकोंकी तुलना

शताश और फारनहैट तापमापक	१४०
अभ्यासार्थ प्रश्न १८	१४३
फारनहैट और शताश तापक्रमोंका याक गणना करके याक र्खीचना	१४४ १४४
प्र० ४८—उपर्युक्त तापक्रमोंका याक र्खीचना अभ्यासार्थ प्रयोग	१४७ १४६
पैराफोन मोमका द्रवणांक निकालना	१४६
नफथलीनका द्रवणांक निकालना	१५०
गंधकका द्रवणांक निकालना	१५०
प्र० ४९—द्रवणांक निकालनेकी दूसरी विधि	१५०

१२—तापका फैलना

तापपरिचालन, तापपरिवाहन, तापविकिरण	१५२
-----------------------------------	-----

विषय	पृष्ठ
तापपरिचालन	१५१
प्र० ५०—तावा, पीतल और लोहेके परिचालकत्वकी तुलना	१५४
प्र० ५१—दो धातु के छड़ोंके परिचालकत्वकी तुलना	१५४
पीतल और लकड़ीके परिचालकत्वकी तुलना	१५६
प्र० ५२—द्रवका परिचालकत्व	१५८
तापपरिवाहन (द्रवके द्वारा)	१५९
प्र० ५३ तथा प्र० ५४ हवामें तापपरिवाहन	१६०
मकानकी हवादार चाना	१६१
तापविकिरण	१६२

१३—रसायनविद्या

मिश्रता और समानतासे लाभ	१६३
पदार्थोंके साधारण गुण	१६४
पदार्थोंकी साधारण जाच	१६५
प्र० ५५—पारस्परिक कठोरताकी तुलना	१६६
स्कटिकी-करणका जल निकालनेकी रीति	१७२
अभ्यासार्थ प्रश्न १६	१७५
घलनशीलता	१७५
प्र० ५६—खारी पानीमें घुले पदार्थोंकी परत	१७६
जल कुडीसे पानी सुसाना	१७७
चीकरसे जल-कुडीका काम लेना	१७९
वालूपर पानी सुसाना	१७९
प्र० ५७—धोलक और धोलके घाटकी तुलना	१७९
छाननेकी विधि	१८०
प्र० ५८—पदार्थोंकी घुलनशीलता परखना	१८०

विषय	पृष्ठ
पानीमें अनघुल और द्रवोंमें घुलते हैं	१८३
टासके घोलपर तापना प्रभाव	१८५
गरम सपृक्त घोलको ठंडा करनेपर क्या होता है ?	१८७
नवे जमानेकी दूसरी रीति	१८६
प्र० ५६—	१८७
प्र० ६०—गन्धकका रवा बनाना	१८६
द्रवको टपकाना	१६०
मिश्रण	१६२
प्र० ६१—बालू और नमकका मिश्रण	१६३
प्र० ६२—लकड़ीके चुरादेसे सीसेकी गोलिया अलग करना	१६४
प्र० ६३—गन्धक और लोहेके कणोंका मिश्रण	१६४
प्र० ६४—शोरा और कोयलेके चूर्णका मिश्रण	१६४
प्र० ६५—कोयला और बालूका मिश्रण	१६५
रासायनिक संयोग	१६५
प्र० ६६—लोहेके चुरादे और गंधकका मिश्रण गरम करना	१६५
प्र० ६७—कोयले और शोरेके चूर्णका मिश्रण	१६६
प्र० ६८—तृतियेके घोलमें लोहेकी धील	१६७
साधारण और रासायनिक परिवर्तन	१६८
अभ्यासार्थ प्रश्न २०	१६८
१४—वायुमंडल या वातावरणका दबाव	
वायु और वायुकी आवश्यकता	१६६
प्र० ६९—वायुका भार या गुह्व	२००
वायुमंडलका चाप या दबाव	२०१
प्र० ७०—वायुमंडलका दबाव एक स्थानमें चारा औरसे समान	२०२

विज्ञान प्रवेशिका

भाग दूसरा

१ लम्बाई

वैज्ञानिक प्रयोगोंमें नापने जांचनेका काम बहुत पड़ता है, इसलिए पहिले कुछ रीतियां ऐसी बतलानी चाहिएँ जिनसे यह प्रारम्भिक काम ठीक ठीक किये जा सकें। सबसे पहिला काम दूरी नापनेका है, जिसके लिए गज, गिरह, हाथ, बोलिशत, फोस इत्यादिसे काम लेते हैं। उस तरहकी नापोंको इकाई (unit) कहते हैं। दूरी या लम्बाई नापनेके काममें लाये जानके कारण इनको लम्बाईकी इकाई (units of length) कहते हैं। इनका प्रयोग हिन्दुस्तानमें ही होता है। इसलिए यह "लम्बाईकी हिन्दुस्तानी इकाईया" (Indian units of length) भी कहलाती है। आजकल गज, फुट, इंच, जरीय, मौल नामकी इकाईयां भी लम्बाई नापनेके काममें आती हैं। इनको "लम्बाईकी अंग्रेजी इकाईया" (British units of length) कहते हैं, क्योंकि ऐसी इकाईया सारे ब्रिटिश राज्यमें जारी हैं। इसमें माप प्रमाण (Standard unit of measurement) वह दूरी मानी गयी है जो एक प्लेटिनमके छड़के दो चिन्होंके बीचमें है। इसी दूरीको गज (yard) कहते हैं। यह छड़ इस राज्यकी राजधानी लडनमें (Standards Office) प्रमाण-गृहमें एक सन्दूकमें रखा हुआ है, जिसका

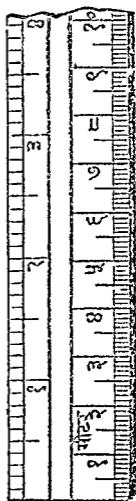
डेसी, सेंटी और मिली का अर्थ क्रमानुसार दसवाँ, सौ-वाँ और हजारवाँ भाग अथवा दशांश गतारा और सहस्रांश है। इन पदोंका अर्थ समझ लेनेपर इकाइयोंका सम्बन्ध याद रखनेमें कोई कठिनाई नहीं होगी।

इस चित्रने ब्रिटिश और मेट्रिक इकाइयोंका सम्बन्ध भली भाँति समझमें आ जाता है।

चित्र १

“इकाई” जिसे कहते हैं ?

किसी वस्तुका परिमाण जाननेके लिए उसी वस्तुके थोड़ेसे अंशको लेकर यह देखते हैं कि ऐसे कितने मिलकर उस कुल परिमाणके बराबर होते हैं। इसी छोटे अंशको इकाई कहते हैं, क्योंकि इसको एक मानकर यह देखा जाता है कि कुल कितना है। इसलिए किसी वस्तुका परिमाण रतलानेके लिए एक छोटे मान अर्थात् इकाई और उस सराकी आवश्यकता पडती है जिससे प्रकट होता है कि इकाई कितनी बार उस परिमाणमें शामिल है। मानकी इकाई (unit of measurement) जितनी छोटी होगी परिमाण सूचित करनेवाली सख्या उतनी ही बड़ी होगी। मान लो किसी घडेमें ५० गिलास पानी भरा हुआ है जहाँ नापनेकी इकाई गिलास



ताप सदैव एकसा रखा जाता है। इसका भेद आगे चलकर गुल जायगा।

गज तीन समान भागोंमें बांटा गया है, प्रत्येक भागको (foot) फुट कहते हैं। फुट बारह समान भागोंमें बांटा गया है, प्रत्येक भागका इंच कहते हैं। इन इकाइयोंका सम्बन्ध यों लिखा जाता है—

१ गज = ३ फुट; १ फुट = १२ इंच; १७६० गज = १ मील।

मैट्रिक मान (Metric system)—ऊपर लिखी हुई ब्रिटिश इकाइया वैज्ञानिक प्रयोगों और पुस्तकोंमें बहुत कम प्रचलित हैं। इनमें दूरी नापनेकी इकाइया मीटर, सेंटीमीटर, मिलीमीटर इत्यादि अधिक काममें लायी जाती हैं। इनका माप-प्रमाण वह दूरी मानी गयी है, जो प्लेटिनमके एक छड़के दो चिन्हाके बीचमें है। यह फ्रांसकी राजधानी पेरिसमें उसी सावधानीसे रखा रहता है जैसा गजवाले माप प्रमाणके विषयमें लिया जा चुका है। इन दो चिन्होंके बीचकी दूरीको मीटर कहते हैं। इसीलिए इन इकाइयोंको मैट्रिक इकाइयां (Metric units) कहते हैं। इनका चलन फ्रांस देशमें सर्वप्र-होतेमे यह फ्रेंच इकाइया (French units) भी कहलाती हैं। छोटी बड़ी इकाइयोंका सम्बन्ध एक दुसरेसे यह है—

१ मीटर (one metre or 1 m) = १० डेसीमीटर

१ डेसीमीटर (one decimetre or 1 dm) = १० सेंटीमीटर

१ सेंटीमीटर (one centimetre or 1 cm) = १० मिलीमीटर (millimetre or mm)

१००० मीटर = १ किलोमीटर (one kilometre)

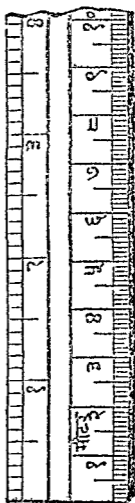
डेसी, सेंटी और मिली का अर्थ क्रमानुसार दसवाँ, नौ-वाँ और हजारवाँ भाग अथवा दशांश शतांश और सहस्रांश है। इन पदोंका अर्थ समझ लेनेपर इकाइयोंका सम्बन्ध याद रखनेमें कोई कठिनाई नहीं होगी।

इस चित्रसे मेट्रिक और मेट्रिक इकाइयोंका सम्बन्ध भली भाँति समझमें आ जाता है।

चित्र १

“इकाई” किसे कहते हैं ?

किसी वस्तु का परिमाण जाननेके लिए उसी वस्तुके थोड़ेसे अंशको लेकर यह देखते हैं कि ऐसे कितने मिलकर उस कुल परिमाणके बराबर होते हैं। इसी छोटे अंशको इकाई कहते हैं, क्योंकि इसको एक मानकर यह देखा जाता है कि कुल कितना है। इसलिए किसी वस्तुका परिमाण बतलानेके लिए एक छोटे मान अर्थात् इकाई और उस संख्याकी आवश्यकता पडती है जिसमें प्रकट होता है कि इकाई कितनी बार उस परिमाणमें शामिल है। मानकी इकाई (unit of measurement) जितनी छोटी होगी परिमाण सूचित करनेवाली संख्या उतनी ही बड़ी होगी। मान लो किमी प्रदेमें ५० गिलास पानी भरा हुआ है जहाँ नापनेकी इकाई गिलास



१३—३ सें० मी० ४ मि० मी०, एक मोटर का कौनसा दगमलव भिन्न है ?

१४—१५ ३ सें० मी० का मीटर बनाओ ।

१५—० = मीटर लम्बे रेशमी कपड़े के धागना दाम १५) है तो कपड़े का भाग प्रति डेसीमीटर क्या है ?

१६—५ मि० मी० को ३ सें० मी० में घटाओ और उत्तर मीटर में लिखो ।

१७—दो स्थान एक दूसरे से ५५*४३ कि०मी० की दूरी पर हैं । यह दूरी मीटरों में कितनी होगी ?

१८—५ कि०मीटर लम्बे तार में से २*५ सें० मी० लम्बी कितनी सुइया बनायी जा सकती हैं ?

१९—६ ६ मीटर लकड़ी के कुन्डे में से १*५ मीटर लम्बे ४ टुकड़े काट लिये गये बचे हुए कुन्डे में से ३ समान भागों में बाँटने पर प्रत्येक भाग कितने सेंटीमीटर लम्बा निकलेगा ?

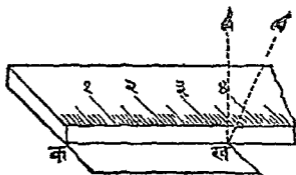
२०—ऊपर के उदाहरण में प्रयुक्त लकड़ी के यदि १० समान भाग किये जाय और प्रत्येक धागे की लंबाई २*५ मिलीमीटर लकड़ी बुराई के रूप में व्यर्थ निकल जाय तो प्रत्येक भाग कितना लम्बा होगा ?

दूरी नापनेकी रीतियाँ

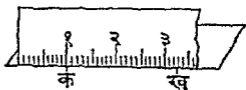
किसी वस्तुकी लम्बाई अर्थात् एक किनारेसे दूसरे किनारेकी दूरी नापनेके लिए लड़के बहुधा मीटर-रूलको इस प्रकार रखा करते हैं जैसा चित्र २ से प्रकट होना है । ऐसा करनेमें यह स्वयम् इस कठिनारमें पड़ जाने ह कि मीटर-रूलका कौनसा बिन्दु पड़ना चाहिये, क्योंकि किनारे पर कभी एक बिन्दु देखा पड़ता है और कभी उसकी बगलवाला । इनका कारण यह है कि बिन्दु (लम्बाईका सिग) और रूल के बिन्दुओंके बीच कुछ दूरी रूलके मोटे होनके कारण अवश्य रहती है, जिससे शुद्ध पढ़नेमें कठिनार पड़ती है ।

ऐसी अशुद्धताको लम्बनका भूल वा अशुद्धता (error of parallel) कहते हैं। परन्तु यदि रूल चित्र ३ की भाँति रखा जाय जिससे रूलके चिह्न और विन्दु (रंखाके सिरे) विलकुल मिले रहें तो चाहे आस ठीक ऊपर रहे चाहे धर उधर, विन्दु ठीक उसी चिह्नसे मिला हुआ दिखाई पड़ेगा जिसपर वह यथार्थमें है, इसलिये अशुद्धता किसी प्रकार नहीं हो सकती, और न यही साचना पढ़ना है कि कौनसा चिह्न पढ़ें। लम्बाई नापनमें इस बातका ध्यान सदैव रखना चाहिये।

दूसरी बात स्मरण रखने योग्य यह है कि रूलके आरम्भवाले चिह्नना (शून्य चिह्न zero point) कभी न प्रयोग करना चाहिये क्योंकि रूलके सिरे काम करते करते घिस जाते हैं और ठीक ठीक लम्बाई नहीं सूचिन करते, इसलिये रूलके सिरे पर कोई और चिह्न रखना चाहिये। (चित्र ३)।



चित्र २



चित्र ३

कभी कभी दूसरे सिरेवाला विन्दु रूलके किसी ठीक चिह्नपर न पड़कर दो चिह्नोंके बीचमें पड़ता है, जैसे

में 'क' व 'रेखाका 'अ' सिरेवाला बिन्दु ३० और ३३ सें० मी० के बीचमें है। यदि प्रथममें यह पूछा गया हो कि लम्बाई निकटतम मि० मी० तक क्या है तो केवल यह देयना हांगा कि 'व' बिन्दु किन् बिन्दुके पास है। यदि ३० और ३३ के बीचों बीच ही तो ३३ समझना चाहिये, इन दोनों बिन्दुओंके बीचवाले बिन्दुसे ३३ की घोर दृष्टा हो तो ३२ और ३३ की श्रेण हटा हो तो ३३ पढ़ना होगा। परन्तु यदि यह पूछा जाय कि निकटतम दशांश मिली मीटरतक लम्बाई क्या होगी, तो ३२ और ३३ के बीचकी दूरीको मानसिक ५ भागोंमें विभक्त करके यह देखना चाहिये कि ऐसे कितने भागोंके बाद सिरेवाला बिन्दु पडता है। एक भागके बाद पडता हो तो ३०० सें० मी०, २ भागके बाद पडता हो तो ३०४ सें० मी० इत्यादि समझ लेना होगा। आगे जहाँ कहीं मीटर-रूल या इसी प्रकारके और किसी गरसे नापनेका काम लिया जाय वहाँ इन सब बातोंका ध्यान रखना चाहिये।

प्रयोग १—दो बिन्दुओंकी दूरी निकालना।

(अ) बिन्दुओंकी दूरी मीटर-रूलकी लम्बाईसे कम हो तो ऊपर लिखी हुई विधि उपयुक्त होगी परन्तु (इ) बिन्दुओंकी दूरी मीटर-रूलसे अधिक होनेपर पहिले एक ऐसी साधो रेखा खींच लेनी चाहिये जो दोनों बिन्दुओंको मिलाती हो, फिर उस रेखाको २,२ भागोंमें विभक्त करके प्रत्येक भागकी लम्बाई पूर्वगत निश्चित कर जोड़ देनी चाहिये, योगफल उन दोनों बिन्दुओंकी दूरी हागी।

साधारणतः बड़ी बड़ी दूरी नापनेके लिए जलकी विभक्त नहीं करते। मीटर रूलके एक सिरेको दूरोंके प्रथम बिन्दु

पर रखते हैं और जहा दूमरा सिरा पहुँचता है वहा नोकिली पेन्सिलसे एक चिह्न बना देते हैं। इस चिह्न पर मीटर-रूलक पहले सिरैका रख देनेसे दूसरा सिरा जहाँ पहुँचता है वहा फिर एक चिह्न बना देते है। इस तरह दूरीमा दूसरा सिरा मीटर-रूलके फिलो बिन्दुपर पहुँच जाता है। कितनी बार बिन्दु बनाना पडता है उतने ही पूरा मीटर और जिस बिन्दुपर दूसरा सिन्दु पडता है उतने स० मीटर और मिली-मीटर उन दोनों बिन्दुओंकी दूरी हुई। ऐसा करने में जा अशुद्धि मीटर रूलके घिसने के कारण हो सकती है वह अवश्य होती है, किन्तु बड़ी दूरीके नापने में इस जरा सी अशुद्धिका बहुत कम विचार किया जाता है।

सम्भव है कि एक बारके नापनेमें कोई भूल हो गयी हो, इसलिए दूसरी बार और तीसरी बार भी इसी प्रकार नाप लेना चाहिये। यदि किसी बारका उत्तर बहुत अधिक या बहुत कम हो तो उसे छोड़ देना चाहिये और एक बार फिर नाप कर मदेह मिटा लेना चाहिये। कासे कम तीन बारको नापको जाड कर याग फलको तीनसे भाग देना चाहिये और भजन फलको उचित उत्तर समझना चाहिये। इस विधिसे (aver age) औसत निकालना रहत है। औसत निकालनेका कारण यह है—प्रत्येक बारके नापने में लगभग एक ही नहीं आती, वरन् किसी बार हो एक मिलीमीटर अधिक और किसी बार कम। ऐसी दृश्याय जिस्ता एकका शुद्ध मान लेना अनुचित है, परन्तु यदि कुल नापोंकी औसत निकाल ली जाय, तो औसत नापको उचित उत्तर समझ लेनेमें कोई विशेष हानि नहीं होती। नापोंको इस प्रकार दर्ज करना चाहिये—मानलो कि एक दूरी के नापनेमें यह सख्याएँ मिली-

है कि एक इंच में कितने सें० मी० इंच होते हैं।

जाए खांचकर प्रत्येककी लम्बाई की जितनी शुद्धतापूर्वक निकाल

नाकर उत्तर इस प्रकार लिखो—

लम्बाई सेंटी-मीटरोंमें	एक इंचमें सेंटी-मीटरों की संख्या

श्रीसत

ग को उमी सी'प्रमेंनी दूसरे खाने-पर जो संख्या मिलती है वही चौथे जो।

गओंके साथ करो और चौथे खाने मत निकालो। यह श्रीसत १ इंचमें गी।

डोटे दुबडे कैंनीमे ऐमे काटो कि नकी लम्बाई इचों और सेंटीमीटरों गली विधिमें खाने खांचकर एक मोटर में निकालो।

भूल न हुई होगी तो यह खान १ इंचमें २.५४ सें० मीटर होते हैं।

उदाहरण १—२ फुट ३ इंच की माटर में प्रकट परो।

$$२ \text{ फुट } ३ \text{ इंच} = २ \times १२ + ३ \text{ इंच}$$

$$= २७ \text{ इंच}$$

$$१ \text{ इंच} = २५.४ \text{ सें. मीटर}$$

$$२७ \text{ इंच} = २७ \times २५.४ \text{ सें. मी.}$$

$$= ६८५.८ \text{ सें. मी.}$$

$$= ६८५.८ \text{ सें. मी.}$$

$$= ६८५.८ \text{ मीटर}$$

उदाहरण २—१ गज ३ ५४ इंचके सें. मीटर बनाओ।

$$१ \text{ गज } ३ \text{ ५४ इंच} = १ \times ३ \times १२ + ३ \text{ ५४ इंच}$$

$$= ३६ \text{ ५४ इंच}$$

$$१ \text{ इंच} = २५.४ \text{ सें. मी.}$$

$$३६ \text{ ५४ इंच} = ३६ \text{ ५४} \times २५.४ \text{ सें. मी.}$$

$$= १००४३.२६ \text{ सें. मीटर}$$

$$= १००.४३ \text{ सें. मीटर}$$

उदाहरण ३—४ ५ सें. मी. कितने इंचके बराबर होते हैं ?

$$४ ५ \text{ सें. मीटर} = ४५ \text{ सें. मी.} \times २५.४$$

$$२ ५४ \text{ सें. मीटर} = १ \text{ इंच}$$

$$४५ \text{ सें. मीटर} = \frac{४५}{२५४} \text{ इंच}$$

$$= १७.७१६ \text{ इंच}$$

$$= १७.७२ \text{ इंच (दशमलवके दून्ने स्थानतक शुरु)}$$

उम्मेरे उदाहरणमें १०० ४३२२ के स्थान में १०० ४३ रख लिया जाओ ०२२६ को छोड़ दिया था, परन्तु तीसरेमें दशमलवके तीसरे स्थानवाले ६ को छोड़ तो दिया किन्तु दूसरे स्थान वाले ६ को बढ़ाकर २ कर दिया, यह क्यों ?

इस प्रश्नका सम्बन्ध अंकगणित (arithmetic) से है। इसलिये यह सदेह अंकगणितकी किसी अच्छी पुस्तकको

पहलेसे दूर हो जायगा। क्या थोड़ेमें बनना दिया जाता है। दूसरे उदाहरणमें ४३१६ की जगह ४०० अथवा ४३, दो दशमलव स्थानतक शुद्धता जाननेके लिए ठीक माना गया क्योंकि ४३१६, ८३०० के पास है और ४४०० से बहुत दूर। परन्तु तीसरे उदाहरणमें १७७१६ की जगह १७७० अथवा १७७०० लिया गया क्योंकि यहा १७७२०, १७७१६ के पास है और १७७१० बहुत दूर। यदि १७७१६ की जगह १७७१५ होता तो इसका लिए १७७१० और १७७०० दोनों समान अन्तरपर ऊपर नीचे होते और दोनोंमें किसी एकका लेना नियमके अनुकूल जाना, परन्तु ता भी १७७० ही अधिक अच्छा समझा जाता है क्योंकि दशमलवक तीसरे या चौथे स्थानतक यदि नापना सम्भव हो तो १७७२ ही निश्चित होगा। इसलिए यह नियम बना लिया गया है, "जिस दशमलव स्थानतक उत्तर निकालना हो उनका एक स्थान आगेका अरु यदि ५ या ५ से अधिक हों तो उत्तरके अन्तमाल स्थानके अङ्कमें १ बढ़ा देना चाहिये अन्यथा नहीं"।

अभ्यासार्थ प्रश्न—२

१—५३ इंचकी निर्माणदूरी लम्बी।

२—२७ डेसीमीटर मितने फुट होते हैं? उत्तर तीन दशमलवके स्थानतक शुद्ध हो।

३—दूनाहाबादसे मिरजापुरकी दूरी ५६ मील है। यही दूरी किलोमीटरमें मितनी होगी? उत्तर दो दशमलवके स्थानतक शुद्ध हो।

४—(क) एक मिलीमीटर १ इंचका, (ख) १ डेसीमीटर १ फुटका और (ग) एक सें० मी० २ इंचका बौनसा मितने है?

५—एक दीवार २१ फुट लम्बी १३ फुट ऊँची और १३ फुट मोटी है तो इसकी लम्बाई, चौड़ाई और मोटाई सेंटीमीटरमें क्या होगी?

उदाहरण १—२ फुट ३ इंच की माटर में मरुट परो।

$$2 \text{ फुट } 3 \text{ इंच} = 2 \times 12 + 3 \text{ इंच} \\ = 27 \text{ इंच}$$

$$1 \text{ इंच} = 2.54 \text{ सें. मीटर}$$

$$27 \text{ इंच} = 27 \times 2.54 \text{ सें. मी.}$$

$$= 68.58 \text{ सें. मी.}$$

$$= 68.58 \text{ सें. मी.}$$

$$= 68.58 \text{ मीटर}$$

उदाहरण २—१ गज ३ ५४ इंच के सें. मीटर बनाओ।

$$1 \text{ गज } 3 \text{ ५४ इंच} = 1 \times 3 \times 12 + 3 \times ५४ \text{ इंच}$$

$$= 36 \times ५४ \text{ इंच}$$

$$1 \text{ इंच} = 2.54 \text{ सें. मी.}$$

$$36 \times ५४ \text{ इंच} = 36 \times ५४ \times 2.54 \text{ सें. मी.}$$

$$= 4867.2 \text{ सें. मीटर}$$

$$= 4867.2 \text{ सें. मीटर}$$

उदाहरण ३—४ ५ सें. मी. कितने इंच के बराबर होते हैं ?

$$4.5 \text{ सें. मीटर} = 4.5 \text{ सें. मी.} \times 2.54$$

$$= 11.43 \text{ इंच}$$

$$4.5 \text{ सें. मीटर} = \frac{4.5}{2.54} \text{ इंच}$$

$$= 1.77 \text{ इंच}$$

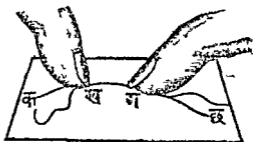
$$= 1.77 \text{ इंच (दशमलव के दृष्टि से लगभग गुरु)}$$

उपर्युक्त उदाहरणों में १०० ४३१६ के स्थान में १०० ४३ रूप लिया था और ००१६ को छोड़ दिया था परन्तु तीसरे में दशमलव के तीसरे स्थानवाले ६ को छोड़ तो दिया किन्तु दूसरे स्थान वाले १ को बढाकर २ कर दिया, यह क्यों ?

इस प्रश्नका सम्बन्ध अकगणित (arithmetic) से है। इसलिए यह संदेह अकगणित की किसी अच्छी पुस्तक को

फिर आ जाय । यही क्रिया उस समयतक करते जाओ जब तक रेखाके दूसरे सिरेपर न पहुँच जाओ । ऐसा करनेसे जितने भाग बन गये हों, उस सख्याको दोनों नोकोंकी दूरीसे गुणा कर दो यही उस रेखाकी लम्बाई होगी । इस विधिमें दोष यह है कि नोकोंसे कागजमें छोटे छोटे छिद्र हो जाते हैं जिससे कागज बिगड़ जाता है ।

(आ) एक पतले डोरेको लेकर उसके एक सिरेको कैंची से पूर सफाईमें काट लो जिससे कोई रेशा उभरा न रहे । डोरेके इस सिरेको वक्र रेखाके एक सिरेपर रख दो और थोड़ी दूरतक डोरेको रेखाके ऊपर, (न बहुत कसा हुआ न बहुत ढीला,) ले जाओ और वही दाहिने हाथके अंगूठेके (अथवा जिस अंगुलीसे सुभीता पड़े उसके) नखसे डोरेको दबा दो । फिर सावधानीसे बाएँ हाथकी किसी अंगुलीके नखसे उसी स्थानपर



चित्र ५

दबाकर दाहिने हाथसे डोरेको आगे बढ़ाओ और उपर्युक्त क्रिया करते जाओ । जिस स्थानपर डोरा रेखाके दूसरे सिरेतक पहुँच जाय वहा एक चिह्न बनाओ और सिरेसे इस चिह्नतककी डोरेकी लम्बाई मीटर-रूलसे नाप लो । डोरेको नापते समयभी बहुत कसकर खींचना या ढीला रखना उचित नहीं है । इसी प्रकार उस रेखाको कमसे कम तीन बार नापो और सब नापोंकी औसत* निकालो ।

* नापोंके टिखने और औसत निकालनेके लिए जैसा पहिली बार

६—एक दुकड़ा मागज़ ६३ इंच लम्बा है। ३.५ सें० मी० लम्बे कितने दुकड़े काटे जा सकते हैं और कितना बर्बाद बच रहेगा? उत्तर मिलीमीटरों में किसना चाहिये।

✓ प्रयोग ३—किसी वक्र रेखा (Curved line) की लम्बाई निकालना।
मान लो क स ग घ च छ, एक वक्र रेखा है जिसकी लम्बाई नापना है। इस रेखाके 'क स ग' अक्षर थोड़ी थोड़ी दूरपर बिन्दु रखे जाय तो यह स्पष्ट देख पड़ेगा कि किसी दो बिन्दुओंके बीचकी रेखा सीधी है, यथार्थमें यह नीधी नहीं है तथापि किन्हीं दो बिन्दुओंके बीचकी सीधी रेखाकी लम्बाई और उन्हींके बीचवाले वक्र रेखाके अक्षरकी लम्बाईमें इतना कम अन्तर है कि यह अन्तर नहींके बराबर समझनेमें कोई हानि नहीं हो सकती। इसी कारण वक्र रेखाकी लम्बाई नापनेके लिए उन्के छोटे छोटे अक्षरोंको सीधी रेखा मानकर नापते हैं और इन कुल छोटे छोटे अक्षरोंकी लम्बाईयोंको जोड़ देते हैं। योगफलको वक्र रेखाकी लम्बाई समझते हैं। छोटे अक्षरोंकी लम्बाई नापनेकी रीति साधारणतः दां है—

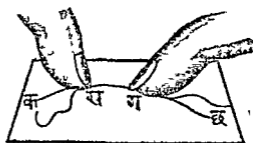


चित्र ४

(अ) (dividers) कम्पासकी दांनों नोकोंको २, ३ अथवा ४ मिली-मीटरकी दूरीपर कर लो। एक नोकको वक्र रेखाके एक निरेपर करके दूसरी नोकको रेखापर रखो और इसको उसी बिन्दुपर स्थिर करके पहिली नोकको घुमाओ, जिसमें यह रेखापर

फिर आ जाय । यही क्रिया उस समयतक करते जाओ जब तक रेखाके दूसरे निरेपर न पहुँच जाओ । ऐसा करनेसे जितने भाग बन गये हों, उस सख्याको दोनों नोकोंकी दूरीसे गुणा कर दो यही उस रेखाकी लम्बाई होगी । इस विधिमें दोष यह है कि नोकोंसे कागजमें छोटे छोटे छिद्र हो जाते हैं जिससे कागज विगड़ जाता है ।

(आ) एक पतले डोरेको लेकर उसके एक सिरेको कैंची से प्य सफाईसे काट ला जिससे कोई रेशा उभरा न रहे । डोरेके इस सिरेको बक रेखाके एक सिरेपर रख दो और थोड़ी दूरतक डोरेको रेखाके ऊपर, (न बहुत कसा हुआ न बहुत ढीला,) ले जाओ और वही दाहिने हाथके अगूठके (अथवा जिस अगुलीसे सुभीता पड़े उसके) नखसे डोरेको दबा दो । फिर सावधानीसे बाएँ हाथकी किसी अगुलीके नखसे उसी स्थानपर



चित्र ५

ठपाकर दाहिने हाथसे डोरेको आगे बढ़ाओ और उपर्युक्त क्रिया करते जाओ । जिस स्थानपर डोरा रेखाके दूसरे सिरेतक पहुँच जाय वहा एक चिह्न बनाओ और सिरेसे इस चिह्नतककी डोरेकी लम्बाई मीटर-रूलसे नाप लो । डोरेको नापते समयभी बहुत कसकर सींचना या ढीला रचना उचित नहीं है । इसी प्रकार उस रेखाको कमसे कम तीन चार नापो और सब नापोंकी औसत* निकालो ।

* नापोंके लिखने और औसत निकालनेके लिए जैसा पहिली बार

ओर वक्र रेखासे छोटा हो तो दूसरे सिरों भी कैंची-से साफ काट लो और यह सिरा वक्र रेखाके जिस बिन्दुपर पहुँचे वहाँ एक चिह्न बना दो। इन चिह्नसे आरम्भ करके उसी डोरेमें फिर नापो। जब रेखाका दूसरा सिरा पहुँच जाय डोरेपर चिह्न बना दो। एक बार पूरे डोरेको नाप लो, फिर वस चिह्न तक नापो। इन दोनों नापाका योगफल वक्र रेखाको लम्बाई होगी। ✓

प्रयोग ४—रिसो (circle) दृक्क परिधि (circumference) की लम्बाई नापना और इस लम्बाईको उसी दृक्के (diameter) व्यास की लम्बाईसे भाग देकर यह देखा कि परिधि व्याससे कितना गुना लम्बी होता है।

परिधि एक ऐसी गोल रेखा है जिसके सिरे नहीं होते। इसलिए जहाँसे नापना आरम्भ करो वहाँ एक चिह्न बना दो और ऊपर बताया हुई परिधियों नापते जाओ। जब इसी चिह्नपर फिर पहुँचो, डोरेमें निह्न लगा दो और इसकी लम्बाई नाप लो। व्यासका नापनके लिए मीटर रूलको ऐसा रखो कि वह (centre) केन्द्रसे हाना हुआ परिधिपर पड़े। मीटर रूलके जो चिह्न परिधिपर हों उनके बीचकी दूरी निकाल लो। इसी प्रकार ४, ५ असमान वृत्त खींचकर प्रत्येककी परिधि और व्यास नापो और परिधिकी लम्बाईको उसीके व्यासकी लम्बाईसे भाग दो। उत्तरोंको इस प्रकार लिजो —

बतनाया जा चुका है, वैसा ही सदैव करना चाहिये। बार बार वही रीति को बतलाना आवश्यक नही है।

वृत्त	परिधिकी लम्बाई	व्यासकी लम्बाई	परिधि व्यास
(१)	सैं० मी०	सैं० मी०	
(२)	"	"	
(३)	"	"	
(४)	"	"	
औसत			

कहीं भूल और असावधानी न हुई होगी तो चौथे खाने-का प्रत्येक उत्तर ३१४ होगा। अर्थात् किसी वृत्तकी परिधि उसीके व्यासका ३१४ गुनी होती है। इस सम्बन्धको "π" चिह्नसे प्रकट करते हैं और इसको 'पाई' कहते हैं।

बीजगणितके सकेतोंमें यदि किसी वृत्तकी परिधिको 'प' मानें और उसके व्यासको 'व' तो परिधि और व्यासके सम्बन्धको इस प्रकार प्रकट कर सकते हैं—

$$-प = ३१४ व, \text{ अथवा } प = ३१४ व$$

$$= ३१४ \times व$$

$$= ३१४ व$$

(यहां π त्रिज्या व व्यासको सूचित करता है।)

अब किसी सम्बन्धको सकेतों द्वारा सूचित किया जाता है तब उस सकेतको उस सम्बन्ध का (formula) गुर कहते हैं। इसलिए $प = ३१४ व$ एक गुर है जो किसी वृत्तकी परिधि और उसके व्यासका सम्बन्ध सूचित करता है।

उदाहरण १—एक वृत्तकी परिधि १२१५ सैं० मी० है तो उसका व्यास कितना लम्बा है ?

ओर एक रेखाके डोटा हो तो दूसरे सिरेको भी कैची-से साफ काट लो और यह सिरा एक रेखाके जिस बिन्दुपर पहुँचे वहाँ एक चिह्न बना दो। इस चिह्नसे आरम्भ करके उसी ओरसे फिर नापा। जब रेखाका दूसरा सिरा पहुँच जाय डोटेपर चिह्न बना दो। एक बार पूरे डोंगेको नाप लो, फिर उस चिह्न तक नापा। इन दोनों नापाँका योगफल एक रेखाकी लम्बाई होगी। ✓

प्रयोग ४—वृत्त (circle) के परिधि (circumference) की लम्बाई नापना और इस लम्बाईको उसी वृत्तके (diameter) व्यास की लम्बाईसे भाग देकर यह देखना कि परिधि व्याससे कितना गुना लम्बी आता है।

परिधि एक ऐसी मोल रेखा है जिसके सिरे नहीं हों। इसलिए जहाँसे नापना आरम्भ करो वहाँ एक चिह्न बना दो और ऊपर बताया हुई विधिसे नापते जाओ। जब इसी चिह्नपर फिर पहुँचो, ओरमें निह लगा दो और इसकी लम्बाई नाप लो। व्यासका नापनेके लिए मीटर रूलको ऐसा रखो कि वह (contic) केन्द्रसे होना हुआ परिधिपर पड़े। मीटर रूलके जो चिह्न परिधिपर हों उनके बीचकी दूरी निकाल लो। इसी प्रकार ४, ५ असमान वृत्त खींचकर प्रत्येक की परिधि और व्यास नापो और परिधिकी लम्बाईको उसीके व्यासकी लम्बाईसे भाग दो। उत्तरोंको इस प्रकार लिखो —

बतलाया जा चुका है, वैसा ही सदैव करना चाहिये। बार बार वही रीति-को बतलाना आवश्यक नहीं है।

वृत्त	परिधिकी लम्बाई	व्यासकी लम्बाई	परिधि व्यास
(१)	सं० मी०	सं० मी०	
(२)	"	"	
(३)	"	"	
(४)	"	"	
श्रीसत			

कहीं भूल और असावधानी न हुई होगी तो चौथे खाने-का प्रत्येक उत्तर ३१४ होगा। अर्थात् किसी वृत्तकी परिधि उसीके व्यासका ३१४ गुनी होती है। इस सम्बन्धको "π" चिह्नसे प्रकट करते हैं और इसको 'पाई' कहते हैं।

बीजगणितके सकेतोंमें यदि किसी वृत्तकी परिधिको 'प' माने और उसके व्यासको 'व' तो परिधि और व्यासके सम्बन्धको इस प्रकार प्रकट कर सकते हैं—

$$प = ३१४ व, \text{ अथवा } प = π व$$

$$= π \times २ व$$

$$= २ π व$$

(यहां π त्रिज्या वा अर्धव्यासको सूचित करता है।)

जब किसी सम्बन्धको सकेतों द्वारा सूचित किया जाता है तब उस सकेतको उस सम्बन्ध का (formula) गुर कहते हैं। इसलिए प = π व एक गुर है जो किसी वृत्तको परिधि और उसके व्यासका सम्बन्ध सूचित करता है।

उदाहरण १—एक वृत्तकी परिधि १०१५ सं० मी० है तो उसका व्यास कितना लम्बा है ?

डोरा वक्र रेखासे छोटा हो तो दूसरे सिरों भी फैली-से साफ काट लो और यह सिरा वक्र रेखाके जिस बिन्दुपर पहुँचे वहाँ एक चिह्न बना दो। इस चिह्नसे आरम्भ करके उसी डोरेमें फिर नापों। जब रेखाका दूसरा सिरा पहुँच जाय डोरेपर चिह्न बना दो। एक बार पूरे डोरेको नाप लो, फिर उस चिह्न तक नापों। इन दोनों नापोंका योगफल वक्र रेखाकी लम्बाई होगी। ✓

प्रयोग ४—किसी (circle) वृत्तकी परिधि (circumference) की लम्बाई नापना और इस लम्बाईकी उभी वृत्तके (diameter) व्यासकी लम्बाईसे भाग दकर यह देखना कि परिधि व्याससे कितनी गुना लम्बी होती है।

परिधि एक ऐसी गोल रेखा है जिसके सिरों नहीं होते। इनालिए जहाँसे नापना आरम्भ करो वहाँ एक चिह्न बना दो और ऊपर बताया हुई विधिसे नापते जाओ। जब इसी चिह्नपर फिर पहुँचो, डोरेमें चिह्न लगा दो और इसकी लम्बाई नापलो। व्यासका नापनके लिए मीटर रोलको ऐसा रखो कि वह (conting) केन्द्रमें होना हुआ परिधिपर पड़े। मीटर-रूलके जो चिह्न परिधिपर हों उनके बीचकी दूरी निकाल लो। इसी प्रकार ४, ५ अलग-अलग वृत्त खींचकर प्रत्येककी परिधि और व्यास नापो और परिधिकी लम्बाईको उसीके व्यासकी लम्बाईसे भाग दो। उत्तरोंको इस प्रकार लिखो —

बतपाया ना चुना है, वैसा ही सदैव करना चाहिये। बार बार उसी राति को बतलाना आवश्यक नहीं है।

वृत्त	परिधिकी लम्बाई	व्यासकी लम्बाई	परिधि व्यास
(१)	सं० मी०	सं० मी०	
(२)	"	"	"
(३)	"	"	"
(४)	"	"	"
औसत			

कहीं भूल और असावधानी न हुई होगी तो चौथे स्थाने का प्रत्येक उत्तर ३१४ होगा। अर्थात् किसी वृत्तकी परिधि उसीके व्यासका ३-१४ गुनी होती है। इस सम्बन्धको "π" चिह्नसे प्रकट करते हैं और इसको 'पाई' कहते हैं।

बीजगणिके सकेतोंमें यदि किसी वृत्तकी परिधिको 'प' मानें और उसके व्यासको 'व' तो परिधि और व्यासके सम्बन्धको इस प्रकार प्रकट कर सकते हैं—

$$प = ३१४ व, \text{ अथवा } प = \pi व$$

$$= \pi \times २ व$$

$$= २ \pi व$$

(यहां π विज्या वा अर्धव्यासको सूचित करता है।)

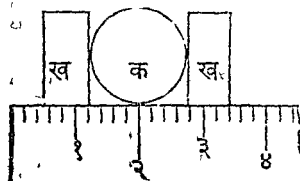
अब किसी सम्बन्धको सकेतों द्वारा सूचित किया जाता है तब उस सकेतको उस सम्बन्ध का (Form) गुण कहते हैं। इसलिए $प = \pi व$ एक गुण है जो किसी वृत्तकी परिधि और उसके व्यासका सम्बन्ध सूचित करता है।

उदाहरण १—एक वृत्तकी परिधि १२१४ मी० है तो व्यास कितना लम्बा है ?

१२—एक घोड़ा एक खूटेसे बाधा गया है, जब रस्ती को खूब तानकर चरता है तब खूटेसे १७ गजकी दूरी तक की घास चर पाता है। बतलाओ वह घोड़ा कितनी गोल भूमिकी घास चर सकता है।

गोल वस्तुओंके नापनेकी रीतियां

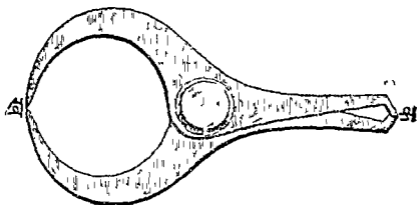
अभीतक केवल रेखाओंके नापनेकी रीतियां बतलायी गयी हैं। परन्तु इन्हींमें नापनेका काम खतम नहीं हो जाता। बहुत से ऐसे ठोस पदार्थ हैं जिनके नापनेका काम बहुधा पड़ा करता है जैसे किसी बेलनकी (cylinder) मोटाई वा किसी बलके छेदकी चौड़ाई वा किसी गोलैकी ऊंचाई इत्यादि। बेलन और गोलैका व्यास मीटर रूल और दो लकड़ीके सीधे टुकड़ोसे बड़ी आसानीके साथ नापा जा सकता है जैसा चित्र ६ से प्रकट होता है—



चित्र ६

इस चित्रमें मीटर रूलकी बगलमें क बेलन समतल मेज-पर ऐसा रखा गया कि वह मीटर रूलको स्पर्श किये हुए है; इसको स्पर्श करते हुए दो लकड़ीके सीधे टुकड़े व ऐसे रखे हुए हैं कि इनके सिरे रूलके चिन्हों-पर पहुंचते हैं। बेलनको स्पर्श करनेवाले दो फिनारे मीटर-रूलके चिन्होंपर पहुंचते हैं उन चिन्होंके बीचकी दूरी बेलनका व्यास है। यदि बेलनके स्थानमें गोला रखा जाय तो इसी मांति इसका व्यास भी नापा जा सकता है।

परन्तु नलके छेदकी मोटाई ऊपरवाली विधिसे नहीं नापी जा सकती। इसके लिए एक विशेष यन्त्र काममें लाया जाता है जिसका चित्र यह है—



चित्र ७

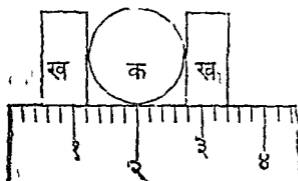
चित्र ७—बाहरी और भीतरी व्यास नापनेका मापास (callipers) या कैलीपर।

बाहरी व्यास नापनेके लिए कैलीपरके 'ख' मुँहको खोलो और इनना फैला लो कि नल या बेलन इसमेंसे आ जा सके। इसके बाद धीरे धीरे 'क' दस्तेको दबाओ और जब मुँह इतना खुला रह जाय कि बेलन दोनों नाँकोंको स्पर्श करते हुए निकल सके तब दवाना बन्द कर दो। याद रखो, मुँहके बहुत छोटा हो जानेपर बेलन खरोंच जायगा और व्यासकी लम्बाई ठीक न मालूम होगी। दोनों नाँकोंको भीतर-रूलपर रखो और इनके बीचकी दूरी नाप लो। यही नलका बाहरी व्यास होगा। इसी प्रकार कई स्थानोंमें कैलीपर लगाकर व्यासकी लम्बाई नापो और सबकी औसत निकालो। नापोंको इस प्रकार लिखो—

१२—एक घोड़ा एक खंटेसे चारा गया है, जब रस्मीनी गुप्त तानकर चरता है तब खंटेसे १७ गजकी दूरी तककी घास चर पाता है। बतलाओ वह घोड़ा कितनी गोल भूमिकी घास चर सकता है।

गोल वस्तुओंके नापनेकी रीतियां

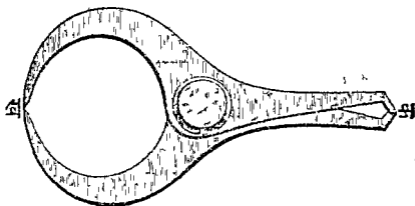
अभी तक केवल रेखाओंके नापनेकी रीतियां बतलाई गयीं हैं। परन्तु इन्हींमें नापनेका काम खूबतम नहीं हो जाता। बहुत से ऐसे ठोस पदार्थ हैं जिनके नापनेका काम बहुधा पडा करता है जैसे किसी बेलनकी (cylinder) मोटाई वा किसी नलके छेदकी चौड़ाई वा किसी गोलैकी ऊंचाई इत्यादि। ये तन और गोलैका व्यास मीटर रूल और दो लकड़ीके सीधे टुकड़ोंसे बड़ी आसानीके साथ नापा जा सकता है जैसा चित्र ६ से प्रकट होता है—



चित्र ६

इस चित्रमें मीटर रूलकी बगलमें क बेलन समतल मेज-पर ऐसा रखा गया कि वह मीटर रूलको स्पर्श किये हुए है; इत्को स्पर्श करते हुए दो लकड़ीके सीधे टुकड़े ल ऐसे रखे हुए हैं कि इनके सिरे रूलके चिन्हों-पर पहुँचते हैं। बेलनको स्पर्श करनेवाले जो किनारे मीटर-रूलके चिन्होंपर पहुँचते हैं उन चिन्होंके बीचकी दूरी बेलनका व्यास है। यदि बेलनके स्थानमें गोला रखा जाय तो इसी भाँति इसका व्यास भी नापा जा सकता है।

परन्तु नलके छेदकी मोटाई ऊपरवाली विधिसे नहीं नापी जा सकती। इसके लिए एक विशेष यन्त्र काममें लाया जाता है जिसका चित्र यह है—



चित्र ७

चित्र ७—बाहरी और भीतरी व्यास नापनेका कालापास (callipers) या कैलीपर।

बाहरी व्यास नापनेके लिए कैलीपरके 'ख' मुहको खोलो और इतना फैला लो कि नल या वेलन इसमेंसे आ जा सके। इसके बाद गीरे धीरे 'क' दस्तेको दबाओ और जब मुह इतना खुला रह जाय कि वेलन दोनों नोकोंको स्पर्श करते हुए निरुल सके तब दवाना बन्द कर दो। याद रखो, मुहके बहुत छोटा हो जानेपर वेलन खरोच जायगा और व्यासकी लम्बाई ठीक न मालूम होगी। दोनों नोकोंको मीटर-रूलपर रखो और इनके बीचकी दूरी नाप लो। यही नलका बाहरी व्यास होगा। इसी प्रकार कई स्थानोंमें कैलीपर लगाकर व्यासकी लम्बाई नापो और सबकी औसत को इस प्रकार लिखो—

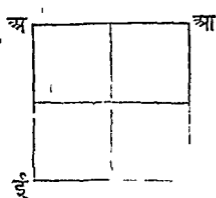
२—क्षेत्रफल

जो तल (surface) सीधी वा टेढ़ी रेखा वा रेखाओंसे घिर जाता है (Figure) क्षेत्र कहलाता है। उसके भीतरके तलके फैलाव उस क्षेत्रका (area) क्षेत्रफल कहते हैं। क्षेत्रफलकी नाप केवल लम्बाई अथवा केवल चौड़ाई जानकर नहीं मालूम हो सकती जैसे मेजके तलका परिमाण यह कह देनेसे कदापि न प्रकट होगा कि मेज इतनी लम्बी वा इतनी चौड़ी है। हां यदि यह कहा जाय कि मेजकी लम्बाई इतनी है और चौड़ाई इतनी है, तो मेजके तलका फैलाव भट समझमें आ जाता है। परन्तु क्षेत्रकी रेखा वक्र हो तो लम्बाई की इकाइयों से कुछ अर्थ नहीं निकलता। इसलिए क्षेत्रफलके लिए कोई और इकाई माननेकी आवश्यकता पड़ी।

जब क्षेत्रकी लम्बाई चौड़ाई बराबर होती है और सब कोण (angle) समकोण (right-angle) होते हैं तब यह क्षेत्र वर्गक्षेत्र (square) कहलाता है। यदि वर्गक्षेत्रका भुज (side) लम्बाईकी एक इकाई, १ इञ्च, १ सें० मी०, १ गज, १ मीटर इत्यादिके बराबर हो तो उसके भीतरके क्षेत्रफलको (unit of area) क्षेत्रफलकी इकाई कहते हैं। वर्गक्षेत्र का भुज एक इञ्च हो तो उसका क्षेत्रफल 1 square inch १ वर्ग इञ्च, १ मीटर हो तो क्षेत्रफल (1 square metre) १ वर्ग मीटर कहलाता है, इत्यादि।

क्षेत्रफलकी ब्रिटिश इकाइयां वर्ग गज, वर्ग फुट, वर्ग इञ्च इत्यादि हैं और मेट्रिक इकाइयां वर्ग मीटर, वर्ग डेसीमीटर, और वर्ग सेंटीमीटर इत्यादि।

दो इंच भुजवाला एक वर्गक्षेत्र खींचकर देखो इसका क्षेत्रफल कितना होता है।



मान लो अ आ इ ई (चित्र ६) एक वर्गक्षेत्र है जिसका प्रत्येक भुज २ इंच लम्बा है। प्रत्येक भुजके मध्यविन्दुको सामनेवाले भुजके मध्यविन्दुसे मिला दो। ऐसा करनेसे चार वर्गक्षेत्र बन जाते हैं और प्रत्येकका भुज एक इंच

चित्र ६

लम्बा होता है। इसलिए दो इंच भुजवाले वर्गक्षेत्रका क्षेत्रफल ४ वर्ग इंच होता है।

यदि वर्गक्षेत्रका भुज ३ इंच लम्बा हो तो उसका क्षेत्रफल क्या होगा ?

एक भुजको तीन समान भागमें बांटकर एक एक इंचको दूरीपर ऐसी रेखाएँ खींचो जो बगलवाले भुजके (parallel) समानान्तर हों। फिर बगलवाले भुजको ३ समान भागमें बांटकर एक एक इंचकी दूरीपर पहिले भुजके समानान्तर रेखाएँ खींचो। इस तरह कुल वर्गक्षेत्र ९ छोटे छोटे समान वर्गक्षेत्रोंमें बँट जायगा। यह स्पष्ट है कि एक छोटे वर्गक्षेत्रका क्षेत्रफल १ वर्ग इंच है। इसलिए ३ इंच भुजवाले वर्गक्षेत्रका क्षेत्रफल ९ वर्ग इंच हुआ। इसी तरह यह मालूम किया जा सकता है कि

२ इंच भुजवाले वर्गक्षेत्रका क्षेत्रफल = २^२ वर्ग इंच

३ " " " " = ३^२ "

बीजगणितको भाषामें

यदि अ वर्गक्षेत्रके भुजकी लम्बाईकी इकाइयोंका अक हो
और क्ष " क्षेत्र फल की " " " " हो

तो क्ष=अ^२

ऊपरवाली रीतिसे वर्गक्षेत्र खींचकर यह जांच हो
सकती है कि—

१ वर्ग गज=१ गज × १ गज=३ फुट × ३ फुट=९ वर्ग फुट

१ वर्गफुट=१ फुट × १ फुट=१२ इञ्च × १२ इञ्च=१४४ वर्ग इञ्च

मेट्रिक मान—एक डेसीमीटर भुजवाला वर्गक्षेत्र खींचो।
इसके भीतरका क्षेत्रफल एक वर्ग डेसीमीटर कहलाता है।
प्रत्येक भुजको सेंटीमीटरोंमें विभक्त करो। अलग करनेवाले
बिन्दुओंसे वर्गक्षेत्रके भुजोंके समानान्तर रेखाएँ खींचो।

वर्ग डेसीमीटर अब छोटे वर्गक्षेत्रोंमें बँट गया। प्रत्येक
वर्गका क्षेत्रफल १ वर्ग सेंटीमीटर है। यह प्रत्यक्ष है कि
एक एक पक्ति में १० वर्ग से० मी० हैं। और ऐसी १० पक्तियाँ
हैं। इसलिए कुल वर्गक्षेत्रमें १०० वर्ग सेंटीमीटर हैं।
परन्तु कुल वर्गक्षेत्रका क्षेत्रफल १ वर्ग डेसीमीटर है, इसलिए
१ वर्ग डेसीमीटर=१०० वर्ग सेंटीमीटर। इसी प्रकार नीचे
लिखे सम्बन्धोंकी जांच कर सकते हैं—

१ वर्ग सेंटीमीटर=१ सें० मी० × १ सें० मी०

=१० मि० मी० × १० मि० मी०

=१०० वर्ग मि० मी०

१ वर्ग मीटर=१ मी० × १ मी०

=१० डे० मी० × १० डे० मी०

=१०० वर्ग डेसीमीटर

बदाहरण—

(१) ५३ वर्ग गजम कितने वर्ग फुट और कितने वर्ग इंच हैं ?

$$\begin{aligned} ५३ \text{ वर्ग गज} &= ५३ \times ६ \text{ वर्ग फुट} \\ &= ४७७ \text{ वर्ग फुट} \\ &= ४७७ \times १४४ \text{ वर्ग इंच} \\ &= ६८६८८ \text{ वर्ग इंच} \end{aligned}$$

(२) ६१५८८ वर्ग इंच कितने वर्ग गज हैं ?

$$\begin{aligned} ६१५८८ \text{ वर्ग इंच} &= \frac{६१५८८}{१४४} \text{ वर्ग फुट} \\ &= ६३६ \text{ वर्ग फुट} \\ &= \frac{६३६}{६} \text{ वर्ग गज} \\ &= १०६ \text{ वर्ग गज} \end{aligned}$$

(३) ५६ वर्गमीटरके वर्ग मीटर्मोटर बनाओ ।

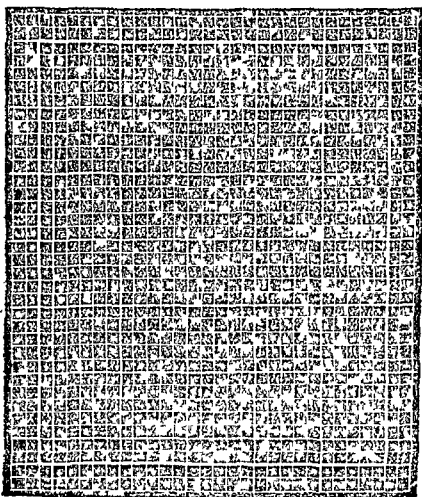
$$\begin{aligned} ५६ \text{ वर्ग मी०} &= ५६ \times १०० \text{ वर्ग डेसीमीटर} \\ &= ५६ \times १०० \times १०० \text{ वर्ग सें० मी०} \\ &= ५६ \times १०० \times १०० \times १०० \text{ वर्ग मि० मी०} \\ &= ५,६०,००,००० \text{ वर्ग मिलीमीटर} \end{aligned}$$

(४) ८५ वर्ग मिलीमीटरके वर्ग डेसीमीटरमें लिना

$$\begin{aligned} ८५ \text{ वर्ग मिलीमीटर} &= \frac{८५}{१००} \text{ वर्ग सें० मी०} \\ &= \frac{८५}{१००} \times १०० \text{ वर्ग डे० मी०} \\ &= \frac{८५}{१००००} \\ &= ००८५ \end{aligned}$$

मान लो आयतक्षेत्रकी लम्बाई ३२ इञ्च और चौड़ाई २६ इञ्च है। नियमके अनुसार इसका क्षेत्रफल = ३२ इञ्च × २६ इञ्च = ८३२ वर्ग इञ्च।

जांचके लिए खानेदार कागज लेकर चित्र १२ की भांति ३२ इञ्च लम्बा और २६ इञ्च चौड़ा आयत क्षेत्र खींचो। इस बातपर ध्यान रखो कि आयतक्षेत्रका एक लम्बा भुज और एक छोटा भुज मोटी लकीरोंपर पड़े (चित्र १२)।



चित्र १२

इस आयतक्षेत्रमें ६ पूर्ण वर्ग इञ्च हैं; तीन ऐसे आयत-क्षेत्र हैं जिनमेंसे प्रत्येकके भीतर छोटे छोटे साठ वर्गक्षेत्र हैं, इसलिए मिलाकर इनका क्षेत्रफल $\frac{60 \times 3}{100}$ वर्ग इञ्चके समान हुआ, २ ऐसे आयतक्षेत्र हैं जो प्रत्येक २० छोटे वर्गक्षेत्रके समान हैं, इसलिए उनका क्षेत्रफल मिलाकर $\frac{20 \times 2}{100}$ वर्ग इञ्च हुआ, फीनेमें एक छोटासा आयतक्षेत्र है जिसका क्षेत्रफल $\frac{12}{100}$ वर्ग इञ्चके समान है। इसलिए ३० इञ्च लम्बे और २६ इञ्च चौड़े आयतक्षेत्रका क्षेत्रफल

$$\begin{aligned} &= 6 + \frac{60 \times 3}{100} + \frac{20 \times 2}{100} + \frac{12}{100} \text{ वर्ग इञ्च} \\ &= 6 + 1.8 + 0.4 + 0.12 \text{ वर्ग इञ्च} \\ &= 8.32 \text{ वर्ग इञ्च} \end{aligned}$$

नियमानुसार क्षेत्रफल निकालने पर भी यही उत्तर आया था। इसलिए नियम ठीक है और ऐसे लिया जाता है—
आयतक्षेत्रकी लम्बाईको इकाइयोंके अरुको वसन्ती चौड़ाईकी इकाइयोंके अरुसे गुणा करो और गुणनफलको क्षेत्रफलकी इकाइयोंका अरु समझो।

दीर्घ गणितकी भाषामें—

यदि आयतक्षेत्रकी लम्बाईकी इकाइयोंका अरु ल हो
और " " चौड़ाई " " च हो
और " के क्षेत्रफल " " स हो
तो स = ल × च

यह आयत क्षेत्रके क्षेत्रफल मालूम करनेका गुर है।

उदाहरण १—

(१) एक वर्गाकार १ ५ फुट भुजवाली तगती एक तल्लेमसे काटकर अलग करना है। ऐसा करनेमें तगतेका क्षेत्रफल कितना कम हो जायगा ?

$$\text{वर्गाकार तगतीका क्षेत्रफल} = १५ \text{ फुट} \times १५ \text{ फुट} = २२५ \text{ वर्ग फुट।}$$

तल्लेका क्षेत्रफल २ २५ वर्ग फुट कम हो जायगा।

(२) एक वर्गाकार आगनमें २ ५ फुट भुजवाने पत्थरके तल्ले बिछवानेमें कितना खर्च बैठेगा ? प्रत्येक तल्लेके दाम ६ आने हैं और आगनका एक किनागा १६ गज २ फुट है।

$$१६ \text{ गज } २ \text{ फुट} = १६ \times ३ + २ = ५० \text{ फुट}$$

$$\text{आगनका क्षेत्रफल} = ५० \text{ फुट} \times ५० \text{ फुट}$$

$$= २५०० \text{ वर्ग फुट}$$

$$\text{पत्थरके प्रत्येक तल्लेका क्षेत्रफल} = २५ \text{ फुट} \times २५ \text{ फुट}$$

$$= ६२५ \text{ वर्ग फुट}$$

$$\text{पूरे आगनको ढकानेके लिए } \frac{२५०० \text{ वर्ग फुट}}{६२५ \text{ वर्ग फुट}} \text{ अर्थात् } ४०० \text{ तल्लोंकी}$$

आवश्यकता होगी। प्रत्येक तल्लेके दाम ६ आने हैं, इसलिए ४०० तल्लोंमें ४०० × ६ आने अथवा १५० रुपये लगेंगे।

उदाहरण २—

(१) एक चबूतरेकी लम्बाई ३० गज २ फुट और चौड़ाई १२ गज १ फुट है, चबूतरेका क्षेत्रफल क्या है ?

$$३० \text{ गज } २ \text{ फुट} = ३० \times ३ + २ \text{ फुट} = ९२ \text{ फुट}$$

$$१२ \text{ गज } १ \text{ फुट} = १२ \times ३ + १ \text{ फुट} = ३७ \text{ फुट}$$

$$\text{चबूतरेका क्षेत्रफल} = ९२' \times ३७'$$

$$= ३४०४ \text{ वर्ग फुट}$$

(२) एक फमरेकी लम्बाई १६' और चौड़ाई १९' है, १ फुट ६ इंच चौड़े गाढ़ेकी ऐसी जाज़िम जो फर्शकी पूरी तरह ढक सके बनवानेमें क्या

शीर्षसे एक रेखा समकोण बनाती हुई
 उस रेखाको उस भुजका (altitude or
 ऊँचाई) और उस भुजका लम्बका आधार

गनेदार कागजपर एक त्रिभुज खींचकर उसके भीतरके
 लम्ब निकालना और उसके किसी भुजपर एक ऐसा
 समकोण त्रिभुज बनाना उसपरके लम्बके समान हो देवना
 क्या सम्बन्ध है।

कागजपर त्रिभुज खींचनेसे उसके भीतर कुछ
 आ जाते हैं और कुछ असमान फटे हुए।

आवेसे बड़े हों उनको पूरा समकोण, जो
 उनको छोड़ दो और जो बिल्कुल आधे हों
 दो।

जमें ऊपर दिये हुए नियमके अनुसार ४७ पूरे
 र आधे घिर गये हैं। इसलिए कुल ४९ छोटे

त्रिभुजका क्षेत्रफल $\frac{49}{200}$ वर्ग इंच वा ४९ वर्ग

त्रिभुजका क्षेत्रफल गिननेसे ४९ वर्ग इंच है।

जमें इसी तरह ७२ पूरे वर्ग वर्ग

कुल २० वर्ग हुए,

लेप का

(३) नीचे दिये हुए आयत क्षेत्रोंका दूसरा भुज बताओ—

(१) क्षेत्रफल १५ वर्ग मी०, लम्बाई ७ डे० मी०,

(२) ,, २५० वर्ग फुट, चौड़ाई १२ फुट।

(४) एक कमरा अन्दरसे १० फुट लम्बा, २० फुट चौड़ा और १५ फुट ऊँचा है, इसकी भीतरी दीवारोंका क्षेत्रफल कितना है ?

(५) एक मनुष्य ६० गज लम्बे और ४० गज चौड़े भूमिके टुकड़ेमें पन्द्रह पन्द्रह फुटके अन्तरपर आमके पेड़ रोपना चाहता है, उसको कितने मौसोंकी आवश्यकता पड़ेगी ?

(६) एक तालिका चर ३ फुट लम्बी और दो फुट चौड़ी है, ५ इंच मृजप्राप्ति वर्गाकार टुकड़े कितने काटे जा सकते हैं और बची हुई चरका क्षेत्रफल कुल क्षेत्रफलका कौनसा भिन्न होगा ?

(७) एक वर्गाकार आगनका प्रत्येक किनारा २५ फुट है, १० इ० \times ५ इ० \times ४ इ० ईंटोंसे आगनको पक्का करानेमें कमसे कम कितना खर्च लगेगा, जब ईंटोंका भाव ८ हजार हो और प्रति १०० ईंटोंके बैचनेमें आठ आने और खर्च हों ?

(८) एक बाग ८५ मीटर लम्बा और ६० मीटर चौड़ा है। इसके बीचों-बीच ५ मीटर लम्बा और उतना ही चौड़ा एक हैज है, चारों किनारोंसे एक एक सीधी सड़क जिसकी चौड़ाई २ मीटर है हैज तक बनवानेमें बागकी कितनी भूमि आजायगी ? यह ध्यान रहे कि हैजके चारों ओर २ मीटर चौड़ी सड़क पहिलेसे ही बनी हुई है।

(९) एक कमरेकी दीवारोंमें ८ डे० मी० लम्बा और ५ डे० मी० चौड़ा कागज लगवानेमें कितना खर्च पड़ेगा जब कमरा २० मीटर लम्बा १५ मीटर चौड़ा और ६ मीटर उँचा हो और कागजका दाम प्रति दस्ता ३ हो ?

त्रिभुजका क्षेत्रफल

तीन सीधी रेखाओंसे बने हुये क्षेत्रको (triangle) त्रिभुज कहते हैं। जिस बिंदुपर कोई दो भुज मिलते हैं उसको त्रिभुजका शीर्ष कहते हैं। त्रिभुजके किसी भुजपर सामने-

चाले (vortex) शीर्षसे एक रेखा समकोण बनाती हुई खींची जाय तो उस रेखाको उस भुजका (altitude or height) लम्ब या ऊँचाई और उस भुजका लम्बका आधार (base) कहते हैं।

प्रयोग ८—खानेदार कागजपर एक त्रिभुज खींचकर उसके भीतरके वर्गोंके गिनकर क्षेत्रफल निम्नालना और उसके किसी भुजपर एक ऐसा आयतक्षेत्र खींचकर जिसका दूसरा भुज उसपरके लम्बके समान हो देखना कि दोनोंके क्षेत्रफल में क्या सम्बन्ध है।

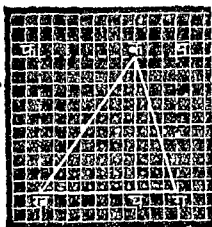
खानेदार कागजपर त्रिभुज खींचनेसे उसके भीतर कुछ पूर्ण छोटे वर्गक्षेत्र आ जाते हैं और कुछ असमान कटे हुए। इन टुकड़ोंमें जो आवेसे बड़े हों उनको पूरा समझो, जो आवेसे छोटे हों उनको छोड़ दो और जो बिल्कुल आधे हों उनको आधा गिनो।

क घ ग त्रिभुजमें ऊपर दिये हुए नियमके अनुसार ४७ पूरे वर्गक्षेत्र और चार आधे घिरे गये हैं। इसलिए कुल ४९ छोटे वर्गक्षेत्र हुए, जिनका क्षेत्रफल $\frac{49}{100}$ वर्ग इञ्च वा ४९ वर्ग इञ्च है।

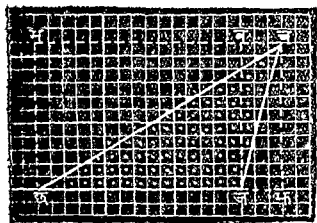
इसलिए त्रिभुजका क्षेत्रफल गिननेसे ४९ वर्ग इञ्च है। च छ ज त्रिभुजमें इसी तरह ७८ पूरे वर्ग और ४ आधे वर्ग घिरे हैं, इसलिए कुल ८० वर्ग हुए, जिनका क्षेत्रफल $\frac{80}{100}$ वर्ग इञ्च हुआ। इसलिए इस त्रिभुज का क्षेत्रफल ८० वर्ग इञ्च है।

त्रिभुज क ख ग और च छ ज के ख ग और छ ज भुजोंपर सामनेवाले शीर्षसे यदि लम्ब गिराये जाय तो उनकी लम्बाई क्रमसे क घ और च छ के समान होगी। यह प्रत्यक्ष है कि क घ = १ इञ्च और च छ = १ इञ्च।

सग भुज पर स ग प फ आयतक्षेत्र खींचो, जिसका एक भुज सग और दूसरा भुज क घ के बराबर हो। इसी प्रकार छ ज पर छ ज व भ आयतक्षेत्र खींचो जिसका एक भुज छ ज और



चित्र १३



चित्र १४

दूसरा घ भ के बराबर हो। स ग प फ आयतक्षेत्र का क्षेत्रफल १५×१५ अर्थात् १ वर्ग इञ्च है और छ ज व भ आयतक्षेत्र का क्षेत्रफल १५×११ इञ्च अर्थात् १६५ वर्ग इञ्च है।

स ग क त्रिभुज का क्षेत्रफल जिसको लम्बाई १५ और चौड़ाई १५ है = $\frac{१}{२} \times १५ \times १५$ स ग क त्रिभुज का क्षेत्रफल जिसका आधार १५ और लम्बाई १५ है = ४६ वर्ग

इञ्च

त्रिभुजका क्षेत्रफल

एक ज व म आयतक्षेत्रका क्षेत्रफल जिसकी लम्बाई १५
और चौड़ाई ११ इंच है = १६५ व० इ०

च छ न त्रिभुजका क्षेत्रफल जिसका आधार १५ इंच और
लम्ब ११ इंच है = ८० व० इ०

पहले आयतक्षेत्रके क्षेत्रफलका आधा ५० वर्ग इंच हुआ
जो पहिले त्रिभुजके क्षेत्रफलके प्राय. समान है। दूसरे
आयतक्षेत्रके क्षेत्रफलका आधा ८२ व० इ० हुआ जो दूसरे
त्रिभुजके क्षेत्रफलके प्राय. समान है। फिर आयतक्षेत्रकी लम्बाई
और चौड़ाई को गुणा करनेसे जो गुणनफल आता है वह
त्रिभुजके आधार और लम्बके गुणनफलके समान होता है।
इसलिए त्रिभुजका क्षेत्रफल निकालनेके लिए किसी भुजको
आधार मानकर लम्ब गिराओ और इन दोनोंको गुणा करके आधा कर दो,
यही त्रिभुजका क्षेत्रफल होगा। अर्थात् त्रिभुजके आधार और
लम्बको गुणा करके आधा कर दो, उत्तर त्रिभुजका क्षेत्र-
फल होगा।

बीजगणितका भाषाम

यदि त्रिभुजके एक भुजकी लम्बाई a हो
और उस भुजपरके लम्बकी लम्बाई h हो
और त्रिभुजका क्षेत्रफल S हो तो

$$S = \frac{a \times h}{2}$$

यही त्रिभुजके क्षेत्रफल निकालनेका गुर कहा जाता है।

अभ्यासार्थ प्रयोग
१—कोई त्रिभुज खींचकर उसके प्रत्येक भुजको आधार
मानकर लम्ब गिराओ और नापकर प्रत्येक आधारको उस

परके लम्बसे गुणा करके आधा करो, देखो इनमें क्या अन्तर पड़ता है।

२—तीन त्रिभुज जिनमेंसे एक अधिककोण दूसरा समकोण और तीसरा न्यूनकोण हो खानेदार कागजपर ऐसे खींचो कि प्रत्येकका लम्ब एक दूसरेके बराबर हो और प्रत्येकका आधार भी बराबर हो। गिनकर क्षेत्रफल निकालो और देखो कि हिसाबसे निकाले हुए क्षेत्रफलसे कितनी भिन्नता होती है।

अभ्यासार्थ प्रश्न—६

(१) एक त्रिभुजका क्षेत्रफल १२०० वर्ग फुट और आधार ६० फुट है, उसकी ऊँचाई कितनी होगी ?

ज = $\frac{1}{2} \times$ आ \times ल, जहा ज, आ और ल क्रमसे क्षेत्रफल, आधार और लम्बको सूचित करते हैं।

$$1200 \text{ वर्ग फुट} = \frac{1}{2} \times 60 \text{ फुट} \times \text{ल}$$

$$\text{ल} = \frac{1200 \times 2}{60} \text{ फुट}$$

$$= 40 \text{ फुट}$$

त्रिभुजके भुजोंके मान १२ फुट, १६ फुट और २० फुट हैं, ल क्या है ?

१२ फुट और १६ फुटवाले भुजोंके बीचका कोण समकोण है इसलिए आसानीसे एकको आधार और दूसरेको लम्ब मान लेना चाहिये। इसलिए

$$\text{क्षेत्रफल} = \frac{1}{2} \times 12 \times 16 \text{ वर्ग फुट}$$

$$= 96 \text{ वर्ग फुट।}$$

और चौडार १२ इंच
 व वृत्त त्रिभुजके
 सम्बन्ध ११ इंच
 पहले आयत क्षेत्रके
 जो पहिले त्रिभुजके
 आयत क्षेत्रके
 त्रिभुजके क्षेत्रफलके
 और चौडारके द्वारा
 त्रिभुजके अर्धपर
 इसलिये त्रिभुजके
 आधार मानकर
 वही त्रिभुजके
 सम्बन्धको

तो अन्तिम
 क्षेत्रफलको
 वही अंक
 मिलता

14 26 = सें० मी० हे

गया है और 11=३ १४
 वर्ग स० मी०
 १३ ४ वर्ग स० मी०
 मी०

फुट, ५ फुट और ३ फुट है,
 भरने हुए है, यदि
 पड़ने

नियम वा त्रैराशिक द्वारा यह मालूम करो कि एक ब्रिटिश इकाईमें कितनी मेट्रिक इकाइयां होती ह ।

(२) एक आयक्षेत्र अथवा वर्गक्षेत्रकी (dimensions) नापोंको दोनों इकाइयों में लिखकर गुरद्वारा उस क्षेत्रका क्षेत्रफल दोनों इकाइयों में निकालो, फिर ऐकिक नियमद्वारा यह देखो कि ब्रिटिश क्षेत्रफलकी एक इकाईमें मेट्रिक क्षेत्रफल की कितनी इकाइया शामिल है ।

प्रयोग १०—वृत्तका (circle) क्षेत्रफल निकालना ।

खानेदार कागजपर एक वृत्त खींचो और उसका क्षेत्रफल गिनकर निकालो । अर्द्धव्यासकी लम्बाई नापकर वर्ग करो । वर्गफल उस वर्गक्षेत्रका क्षेत्रफल होगा जिसका भुज अर्द्ध व्यासकी लम्बाईके बराबर है । वृत्तके क्षेत्रफलको अर्द्धव्यास परके वर्गक्षेत्रके क्षेत्रफलसे भाग दो । इसी प्रकार कई असमान वृत्त खींचकर प्रत्येकके क्षेत्रफलको उसीके व्यासार्द्धपरके वर्गक्षेत्रके क्षेत्रफलसे भाग दो और नीचेकी तरह सारिणी बनाकर उनको दर्ज करो—

वृत्तका व्यासार्द्ध	वृत्तका क्षेत्रफल	व्यासार्द्धपरके वर्गक्षेत्रका क्षेत्रफल	वृत्तका क्षेत्रफल - व्यासार्द्धपरके वर्गक्षेत्रका क्षेत्रफल
इञ्च	वर्ग इञ्च	वर्ग इञ्च	
३.५			
२		..	
१.३		.	..
२.५		.	.

प्रयोग सावधानीके साथ किया जायगा तो अन्तिम स्तम्भके अक्ष प्रायः समान होंगे। यथार्थमें वृत्तके क्षेत्रफलको व्यासार्द्धपरके वर्गदोत्रके क्षेत्रफलसे भाग देनेपर वही अंक मिलना चाहिये जो परिधिमें व्याससे भाग देनेपर मिलता है अर्थात् ३ १४ वा ॥।

चीज गणितकी भाषामें —

यदि किसी वृत्तका क्षेत्रफल $च$ हो
और उसका व्यासार्द्ध $त्र$ हो

$$\text{तो } \frac{च}{(त्र)^2} = ॥ \text{ अथवा } च = ॥ त्र^2$$

उदाहरण—

(१) वृत्तका क्षेत्रफल बताओ जिसका व्यास २६ सें० मी० है
 $च = ॥ त्र^2$

जहां वृत्तका क्षेत्रफल और अर्धव्यास $त्र$ माना गया है और $॥ = ३ १४$

$$\text{वृत्तका क्षेत्रफल} = ३ १४ \times \left(\frac{२६}{२}\right)^2 \text{ वर्ग सें० मी०}$$

$$= ३ १४ \times १३ ४ \times १३ ४ \text{ वर्ग म० मी०}$$

$$= ४६३ ८२ \text{ वर्ग सें० मी०}$$

(२) तीन गोल हैजके व्यास क्रमसे ७ फुट, ५ फुट और ३ फुट हैं, इनकी गहराई समान है और सत्र उपरतक भरे हुए हैं, यदि दूसरे और तीसरे हैजका-पानी इकट्ठा किया जाय तो यह पहले हैजके पानीसे कम होगा अथवा अधिक ?

गहराई समान होनेसे जिस वर्तनका उपरी तल सत्रसे अधिक होता है वहीमें सबसे अधिक पानी अटता है, इसलिए दूसरे और तीसरे हैजका उपरी धरातल मिलकर पहले हैजके उपरी धरातलसे छोटा होगा तो इनमें पानी कम होगा नहीं तो अधिक ।

पहले हैजके धरातलका क्षेत्रफल $\pi \left(\frac{2}{3}\right)^2$ वर्ग फुट

$$= 3.14 \times \frac{2}{3} \times \frac{2}{3} \text{ वर्ग फुट}$$

$$= 3.14 \times 4/9 \text{ वर्ग फुट}$$

दूसरे हैजके धरातलका क्षेत्रफल $\pi \times \left(\frac{4}{3}\right)^2$ वर्ग फुट

$$= 3.14 \times \frac{4 \times 4}{9} \text{ वर्ग फुट}$$

$$= 3.14 \times 16/9 \text{ वर्ग फुट}$$

तीसरे हैजके धरातलका क्षेत्रफल $\pi \times \left(\frac{8}{3}\right)^2$ वर्ग फुट

$$= 3.14 \times \frac{8}{3} \times \frac{8}{3} \text{ वर्ग फुट}$$

$$= 3.14 \times 64/9 \text{ वर्ग फुट}$$

दूसरे और तीसरे हैजके धरातलका क्षेत्रफल मिलाकर २६.६६ वर्ग फुट हुआ इसलिए पहिले हैजमें अधिक पानी होगा।

अभ्यासार्थ प्रश्न—७

(१) नीचे लिखे हुए चतुर्भुजोंका क्षेत्रफल बतलाओ—

(१) व्यास ३५ फुट, (२) व्यासार्ध १० फुट, (३) परिधि ३८३ सें.मी., (४) अर्धपरिधि ६८ मी.।

(२) ८५ फुट लम्बे ६० फुट चौड़े मैदानके बीचमें एक चवतारा है, जिसका व्यास २२ फुट ० मी. है, बची हुई भूमि कुल मैदानका कौनसा भिन्न है?

(३) जिस चतुर्भुजका व्यासार्ध १० फुट है, वह तीन बराबर हिस्सोंमें ऐसे दो चतुर्भुजोंसे बँटा है, जिनके केन्द्र बड़े चतुर्भुजके केन्द्रपर हैं तो इन दोनों चतुर्भुजोंके व्यासार्ध कितने होंगे ?

(४) एक कुण्डकी भरनेके लिए तीन नल लगे हुए हैं जिनके भीतरी व्यास क्रमसे ३ इंच, २ इंच और २ ५ च हैं। पहला एक घंटेतक लगा तार गुला रहे तो कुण्ड लगभग भर जाता है, यदि यह बन्द कर दिया जाय और बाकी दो नल टाले दिये जायें तो टाली कुंड भरनेमें जल्दी होगी अथवा देरी और कितनी जल्दी या देरी होगी ?

(५) एक गोल मैदानका क्षेत्रफल ५१२३४ वर्ग फुट है तो उसका व्यास कितना है ? इसके चारों ओर तार स घेर देनेके लिए कितना लम्बा तार खरीदना होगा जब ऊपरसे नीचे तब एक एक फुटके अन्तरपर चार तार लगाने हैं ?

तोलकर क्षेत्रफल निकालना

अभीतक नापकर अथवा गिनकर क्षेत्रफल मालूम करनेका नियम बतलाया गया है। यह जान लेना आवश्यक है कि तोलकर भी क्षेत्रफल निकाला जा सकता है, परन्तु इसके लिए ऐसी चहर या कागजके तरते की आवश्यकता पडती है जिसकी मोटाई सब स्थानोंमें समान हो, फिर तो किसी टेढ़े मेढ़े तख्ते या चहरका क्षेत्रफल निकालना हाथोंका खेल है। इस रीतिकी शुद्धताकी जांच पहले ऐसे क्षेत्रसे करना उचित है जिसका क्षेत्रफल नापकर भी जाना जा सके, इसलिए एक चूत्तका क्षेत्रफल निकालना चाहिये।

प्रयोग ११—तोलकर छतना क्षेत्रफल निकालना।

समान मोटाईवाले कागज का एक तख्ता लेकर उसको आयताकार अथवा वर्गाकार बड़ी सावधानीके साथ किसी तेज कंचीसे काटो जिसमें किनारे विलकुल सीधे निकलें। मीटर रूलसे नापकर इसका क्षेत्रफल वर्ग सेंटीमीटरमें निकालो। इसको तोल भी लो। तोलको क्षेत्रफलसे भाग देने पर एक वर्ग सेंटीमीटर तरतेकी तोल मालूम हो जायगी।

तख्तेपर एक वृत्त खींचो; जिसका व्यास सेंटीमीटरोंमें नापो। कैंचीसे तख्तेको परिधिपर इस प्रकार काटो कि पूरा गोल तख्ता निकल आवे, कहींसे टेढ़ा न हो। इस गोल तख्तेका व्यास फिर नापो और देखो पहली नापसे मिलता है कि नहीं। इसको भी तोल लो और इस तोलको १ वर्ग सेंटीमीटर तख्तेकी तोलसे भाग दो। भजनफल गोल तख्तेका क्षेत्रफल वर्ग सेंटीमीटरोंमें होगा।

नापनेसे जो व्यासकी लम्बाई मालूम हुई है उसीको लेकर गुरुके अनुसार क्षेत्रफल निकालो और देखो दोनों विधियोंसे क्षेत्रफल निकालनेमें क्या अन्तर पड़ता है।

इसी प्रकार असमान वृत्ताकार तख्ते काटकर हर एक का क्षेत्रफल निकालो और नीचे लिखी हुई सारिणी बनाकर दर्ज करो—

असमान वृत्ताकार तख्तेकी तोल		ग्राम	
" " का क्षेत्रफल		.. वर्ग सें० मी०	
१ वर्ग सें० मी० तख्तेकी तोल		.. ग्राम।	
वृत्ताकार तख्तेका व्यासार्द्ध	वृत्ताकार तख्तेकी तोल	वृत्ताकार तख्तेका क्षेत्रफल	नापने और गुरु द्वारा निकालने पर क्षेत्रफल
सें० मी०	ग्राम	वर्ग सें० मी०	वर्ग सें० मी०

यदि तोलने और नापनेमें साधधानी की जायगी तो तीसरे और चोथें स्तम्भमें दिये हुए परिमाणोंमें बहुत कम अन्तर पायाजाय।

अभ्यासार्थ प्रयोग

(१) इसी प्रयोगकी मारिणीके पहले और तीसरे स्तम्भके परिमाणोंका सम्बन्ध दिखलानेवाला एक घाक्रः (graduated glass) लींचो और इसी घाक्रकेद्वारा एक घूर्तीका घनफल निकालो जिनके व्यासार्ध ८ सें० मी०, ५.४ सें० मी० और २.३ सें० मी० हैं। इन उत्तरोत्तरी शुद्धता दिसावसे जाचो।

(२) एक टीनकी चहरका आयताकार टुकड़ा काटो, लम्बाई चौड़ाई नावकर घनफल निकालो और तोलकर एक घर्ग सें० मी० अथवा एक घर्ग इञ्च टुकड़ेकी तौन मालूम करो। इसके पश्चात् उची टीनके किसी आकारके टुकड़ेका घनफल निकालो।

३-ठोसका आयतन ?

जितना स्थान किसी पदार्थसे घिर जाता है, उस पदार्थका घनफल अथवा आयतन कहलाता है।

घनफलके मेट्रिक मान

जिस ठोस पदार्थमें ६ तल (पहल) हों और सब घर्ग-कार और समान हों उस ठोसको (cube) घन कहते हैं। घनका प्रत्येक किनारा एक सें० मी० हो तो इस घनसे जितना स्थान घिर जाता है उसको (1 cubic centimetre or 1 cc) एक घन सें० मी० अथवा घ० सें० मी० कहते हैं। जिस घनका किनारा एक डे० मी० होता है उसके घनफलको

* घाक्र लींचनेकी विधि तापवाले अध्यायमें-मिलेगी।

(litre) १ घन डे० मी० वा लीटर (1 cubic decimetre or 1 c d) कहते हैं। इसी तरह प्रत्येक लम्बाईकी इकाईसे सम्बन्ध रखनेवाली घनफलकी इकाई भी होती है जैसे घन मीटर, घन मिली-मीटर, घन किलो मीटर इत्यादि जिनकी परिभाषा स्वयम् बनालो।

घनफलके ब्रिटिशमान

ब्रिटिश राज्यमें घनफलकी इकाईया साधारणतः घन इञ्च, घन फुट और घन गज हैं, जिनकी परिभाषा स्वयम् बना लेना कुछ कठिन नहीं है।

आयताकार ठोसका घनफल

जिस ठोसमें ६ पहल हों और प्रत्येकका तल आयताकार हो उसको (rectangular) आयताकार ठोस कहते हैं। बट्टा, सड़क, दियासलाईका घर, इत्यादि आयताकार ठोसके उदाहरण हैं। किसी आयताकार ठोसका घनफल जाननेकेलिए उसको घनफलकी इकाईयोंमें बाँटना होगा। घनफलकी जितनी इकाईयां उसमें शामिल होंगी वही उस आयताकार ठोसका घनफल होंगी। उदाहरणार्थ एक ऐसा ठोस लो जिसकी लम्बाई ४ इञ्च, चौड़ाई ३ इञ्च, और ऊँचाई २ इञ्च हों (देखो चित्र १५)। इसमें (१) सम्पूर्ण ठोसको प्रकट करता है, (२) ठोसके आधे भागको प्रकट करता है अर्थात् यदि वह ठोस क प ग तलकी सीधमें चीर दिया जाय तो इसके दो समान तख्ते हो जायगे, जिनमेंसे प्रत्येक तख्ता (२) के समान होगा। यह तख्ता तीन समान छुडोंमें चीरा जा सकता है। (३) में दिखाया हुआ छुड ऐसे ही तख्तेके च छ ज सीधमें चीरनेसे निष्पन्न सफता है। प्रत्येक छुड भी ४ घन इञ्चोंमें काटा

(litre) १ घन डे० मी० वा लीटर (1 cubic decimetre or 1 *cd*) कहते हैं। इसी तरह प्रत्येक लम्बाईकी इकाईसे सम्यन्ध रखनेवाली घनफलकी इकाई भी होती है जैसे घन मीटर, घन मिली-मीटर, घन किलो मीटर इत्यादि जिनकी परिभाषा स्वयम् बनालो।

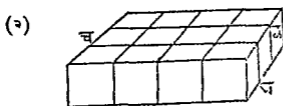
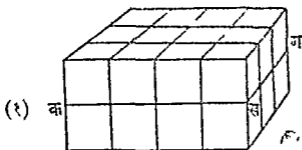
घनफलके ब्रिटिशमान

ब्रिटिश राज्यमें घनफलकी इकाइया साधारणतः घन इञ्च, घन फुट और घन गज है, जिनकी परिभाषा स्वयम् बना लेना कुछ कठिन नहीं है।

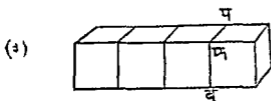
आयताकार ठोसका घनफल

जिस ठोसमें ६ पहल हों और प्रत्येकका तल आयताकार हो उसको (rectangular) आयतकार ठोस कहते हैं। बंद संदूक, दियासलाईका घर, इत्यादि आयताकार ठोसके उदाहरण हैं। किसी आयताकार ठोसका घनफल जाननेकेलिए उसको घनफलकी इकाईयोंमें बाँटना होगा। घनफलकी जितनी इकाइयां उसमें शामिल होंगी वही उस आयताकार ठोसका घनफल होगी। उदाहरणार्थ एक ऐसा ठोस लो जिसकी लम्बाई ४ इञ्च, चौड़ाई ३ इञ्च, और ऊँचाई २ इञ्च हों (देखो चित्र १५)। इसमें (१) सम्पूर्ण ठोसको प्रकट करता है, (२) ठोसके आधे भागको प्रकट करता है अर्थात् यदि वह ठोस क ख ग तलकी सीधमें चीर दिया जाय तो इसके दो समान तख्ते हो जायगे, जिनमेंसे प्रत्येक तख्ता (२) के समान होगा। यह तख्ता तीन समान छुडोंमें चीरा जा सकता है। (३) में दिखाया हुआ छुड ऐसे ही तख्तेके च छ ज सीधमें चीरनेसे निकल सकता है। प्रत्येक छुड भी ४ घन इञ्चोंमें काटा

जा सकता है, (४) में दिखाया गया घन इन्ध इसी छुटको प फ व नीधमें चीरनेसे निकला है।



चित्र १५



इस प्रकार यह सिद्ध होता है कि इस आयताकार ठोसमें २४ घन इन्ध निकल सकते हैं अर्थात् इस ठोसका घनफल २४ घन इन्ध है क्योंकि इस छुटमें ४ घन इन्ध निकाले जा सकते

हैं और एक तख्तेमें ३ छुड, इसलिये एक तख्तेमें ४×३ घन इंच हुए। परन्तु उस ठोसमें से दो समान तख्ते निकाले जा सकते हैं इसलिये उस ठोसमें $२ \times ४ \times ३$ घन इंच हुए।

यही उत्तर आयताकार ठोसकी लम्बाई, चौड़ाई, और ऊँचाईको गुणा कर देनेसे भी निकलता है, क्योंकि ४ इञ्च \times ३ इञ्च \times २ इञ्च = २४ घन इञ्च।

इसलिये आयताकार ठोसका घनफल निकालनेके लिए, लम्बाई, चौड़ाई और ऊँचाईको गुणा कर दो, गुणनफल घनफल होगा।

बीज गणितकी भाषामें—

यदि आयताकार ठोसकी लम्बाई	ल हो
” ” चौड़ाई	च हो
’ ” ऊँचाई	ऊ हो
और ” ” का घनफल	घ हो

तो घ = ल \times च \times ऊ

इसी प्रकार किसी घनका घनफल निकालनेके लिए उसके एक भुजकी लम्बाई जानकर उसका घन ले लो अर्थात् उसको उसीसे दो बार गुणा करो, गुणनफल घनका घनफल होगा, क्योंकि घनकी लम्बाई, चौड़ाई और ऊँचाई समान होती है। गुरके रूपमें यह इस प्रकार लिया जा सकता है—

$$घ = क \times क \times क = क^३$$

जहाँ घ = घनका घनफल

क = घनके एक किनारेकी लम्बाई

घनफलकी ब्रिटिश इकाइयोंका सम्बन्ध—

एक घन फुटकी लम्बाई, चौड़ाई और ऊँचाई प्रत्येक १ फुट अर्थात् १२ इंच होती है। इसमें से १२ तख्ते ऐसे काटे जा सकते हैं, जिनमेंसे प्रत्येक १२ इंच लम्बा, १२ इंच चौड़ा

और एक इञ्च मोटा हा, प्रत्येक तख्ता ऐसे छुडामें चारा जा सकता है, जिनमेंसे प्रत्येक १२ इञ्च लम्बा, १ इञ्च चौड़ा और एक इञ्च ऊंचा हो और प्रत्येक छुड १० इञ्च-घनोंमें काटा जा सकता है। इसलिए एक घन फुटमें १० × १२ × १२ इञ्च घन घनाये जा सकते हैं। परन्तु एक इञ्च-घनका घनफल एक घन इञ्च होता है इसलिए १ घन फुटमें १० × १२ × १२ घन इञ्च होते हैं।

गुरकी सहायतासे भी यही बात सिद्ध हो सकती है कि—

$$\begin{aligned} १ \text{ घन फुट} &= १ \text{ फु०} \times १ \text{ फु०} \times १ \text{ फु०} \\ &= १२ \text{ इञ्च} \times १२ \text{ इञ्च} \times १२ \text{ इञ्च} \\ &= १२ \times १२ \times १२ \text{ घन इञ्च} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{और } १ \text{ घन गज} &= १ \text{ गज} \times १ \text{ गज} \times १ \text{ गज} \\ &= ३ \text{ फुट} \times ३ \text{ फुट} \times ३ \text{ फुट} \\ &= ३ \times ३ \times ३ \text{ घन फुट} \end{aligned}$$

मेट्रिक घनफलकी इकाइयोंका सम्बन्ध

यह परिभाषामें ही बतला दिया गया है कि एक डेसीमीटर घनका घनफल एक घन डेसीमीटर कहा जाता है।

$$\begin{aligned} \text{अब यह समझने में कोई फटिनाई न पडनी चाहिये कि} \\ १ \text{ घन डेसीमीटर} &= १० \text{ सें०मी०} \times १० \text{ सें०मी०} \times १० \text{ सें०मी०} \\ &= १० \times १० \times १० \text{ घन सें०मी०} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} १ \text{ घन सेंटीमीटर} &= १० \text{ मि०मी०} \times १० \text{ मि०मी०} \times १० \text{ मि०मी०} \\ &= १० \times १० \times १० \text{ घन मि०मी०} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} १ \text{ घनमीटर} &= १ \text{ मी०} \times १ \text{ मी०} \times १ \text{ मी०} \\ &= १० \text{ डे०मी०} \times १० \text{ डे०मी०} \times १० \text{ डे०मी०} \\ &= १० \times १० \times १० \text{ घन डे० मी०} \end{aligned}$$

उदाहरण—

(१) एक गिला (पत्थरका टुकड़ा) ७ फुट लम्बा, ५ फुट चौड़ा और ४ फुट मोटा है तो उसका घनफल कितना होगा ?

$$\begin{aligned} \text{शिलाका घनफल} &= ७ \text{ फुट} \times ५ \text{ फुट} \times ४ \text{ फुट} \\ &= ७ \times ५ \times ४ \text{ घन फुट} \\ &= १४० \text{ घन फुट} \end{aligned}$$

(२) एक खुले सन्दूककी बाहरी लम्बाई २ $\frac{१}{३}$ फुट, चौड़ाई २ फुट और ऊँचाई १ $\frac{१}{३}$ फुट है और उसकी भीतरी नाप २ फुट ४ इञ्च, १ फुट १० इञ्च और १ फुट ५ इञ्च है। उसकी लकड़ीका घनफल तललाश्री और यह भी तललाश्री कि उसमें कितने घनफलकी वस्तु भरी जा सकती है।

यदि सन्दूकविनकुल ठोस होता तो उसका घनफल $२\frac{१}{३}' \times २' \times १\frac{१}{३}'$ अर्थात् ७ ५ घन फुट होता। परन्तु उसमें भीतर ताली है और खालीस्थानका घनफल = २ फुट ४ इञ्च \times १ फुट १० इञ्च \times १ फुट ५ इञ्च

$$= २\frac{१}{३}' \times १\frac{५}{३}' \times १\frac{५}{३}'$$

$$= \frac{५}{३} \times \frac{१६}{३} \times \frac{१६}{३} \text{ घन फुट}$$

$$= ६ \text{ घन फुट } १०४ \text{ घन इञ्च}$$

$$\text{लकड़ीका घनफल} = ७ ५ \text{ घन फुट} - ६ \text{ घन फुट } १०४ \text{ घन इञ्च}$$

$$= १ \text{ घन फुट } ७६० \text{ घन इञ्च}$$

ताली स्थानका घनफल ६ घन फुट १०४ घन इञ्च है। इसलिए सन्दूकमें ६ घन फुट १०४ घन इञ्चकी वस्तु अट सकती है।

अभ्यासार्थ प्रश्न—८

(१) २५ हाथ लम्बा २० हाथ चौड़ा और ५ हाथ उंचा चबूतरा बनानेमें कितनी मिट्टीकी आवश्यकता पड़ेगी ।

(२) १० गज लम्बी, २ फुट चौड़ी और १½ फुट ऊंची लकड़ीसे १५ फुट लम्बी, ६ इंच चौड़ी और ६ इंच मोटी कितनी धनियाँ (धरणी) या गहतीग बनायी जा सकती हैं, यदि यह मान लिया जाय कि चीरनेमें कोई अश व्यर्थ नष्ट नहीं होने पायेगा ?

(३) एक नोहेका कुन्ड (टंकी) १५ फुट लम्बा, १० फुट चौड़ा और ८ फुट उंचा है तो उसमें कितना पानी भरा जा सकता है ? १ घन फुट पानीकी तोल ३१½ मेरके लगभग होती है ।

(४) एक दीवाल २५ गज लम्बी, ३ गज ऊंची और २ फुट मोटी बनायी जाय तो वह कितना म्यान घेर लेगी ?

४—द्रव पदार्थोंका आयतन

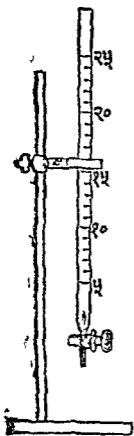
द्रव पदार्थोंके नापनेके लिए नीचे दिये हुए नापने (measures) प्रयोग किये जाते हैं—

नापना घट (Measuring jar)—यह एक नलाकार घर्तन होता है और घन सेंटी मीटरोंमें चिन्हित किया रहता है जिसमें किसी द्रवका घनफल घन सेंटीमीटरोंमें नापा जा सकता है । इसमें नीचेसे ऊपरको चिन्ह बनाये जाते हैं, इसलिए द्रव तल जिस चिन्हपर रहता है उनसे ही घन सेंटीमीटर उस द्रवका घनफल समझा

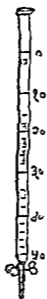


चित्र १६

जाता है। १००, २००, २५०, ५०० और १००० घन सें० मी० तकका ऐसा नपना बहुधा काममें आता है। देखो चित्र १६
व्यूरेट (Burette)—अधिक वारीकीके साथ जब द्रव



चित्र १८



का घन फल जानना होता है तब व्यूरेट काममें लाया जाता है। यह भी नलाकार होता है किन्तु इसका छेद बहुत छोटा होता है और इसमें दशांश घन सेंटीमीटर तक नापनेके चिन्ह बनाये जाते हैं। यह दोनों किनारोंपर खुला रहता है, नीचेवाले किनारेका मुह नन्हा सा होना है जिससे बूँद बूँद द्रव व्यूरेटमेंसे निकाला जा सकता है। इस मुँहको भट्टसे बन्द करने और खोलनेके लिए एक टौटी लगी रहती है, [चित्र १७] * किसी किसी व्यूरेटमें टौटी नहीं लगायी जाती। जब इससे काम लेना होता है तब एक नोकदार नलीको रबरकी नली

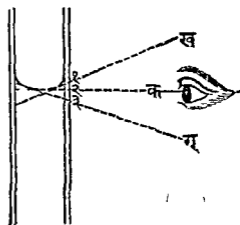
द्वारा जोड़ देते हैं और बन्द करने, खोलनेके लिए एक चुटकी लगा देते हैं, [चित्र १८] व्यूरेटमें चिन्ह ऊपरसे नीचेकी ओर बनाये जाते हैं। नीचेके अंशमें कोई चिन्ह नहीं लगा रहता, इसलिए द्रव नापते समय इस बातका ध्यान रखना चाहिये कि सबसे नीचेवाले चिन्हके और नीचे तक द्रव न चला जाय।

* चित्र १७ में २५ को शून्य, २० को ५, १५ को १०, १० को १५ और ५ को २० पढ़ना चाहिये।

व्यूटसे नापनेकी रीति—पहले व्यूटको (stand) डट्टेपर इस तरह लगाओ कि बिलकुल सीधा खड़ा रहे, इधर उधर झुका न हो। नीचेकी टॉटी बन्द कर दो और ऊपरवाले मुहमें (funnel) कीप रखकर द्रवको भरों। जब सबसे ऊपरवाले निशानके कुछ ऊपरतक भर जाय, कीप हटा लो, क्योंकि इसके रखे रहनेसे कीपमें लगा हुआ द्रव धीरे धीरे व्यूटमें टपकेगा और द्रव-तलको पढ़े हुए चिह्नसे ऊपरको हटा देगा। इसके पश्चात् टॉटी या चुटकी ढीली कर दो जिससे वहाँ की हवा निकल जाय और सब जगह द्रव ही द्रव रह जाय। फिर चुटकी ऋस दो और देखो द्रवतल किस चिह्नपर है। जितना द्रव लेना हो टॉटी खोलकर उतना ले लो फिर बन्द कर दो और १० सेकंड तक ठहरकर फिर देखो कि द्रवतल कहाँ है। ठहरनेका कारण यह है कि बगलमें लगा हुआ द्रव कुछ धीरे उतरता है, इसलिए टॉटी बन्द करनेके बाद तुरन्त ही द्रवतलका चिह्न देखा जायगा तो कुछ अधिक पढा जायगा

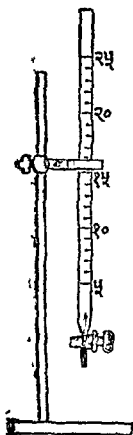
परन्तु १० सेकंड ठहरनेपर लगे हुए द्रवके उतर चुकनेपर कोई अशुद्धि नहीं होगी।

यह बहुधादेखा होगा कि नपना घट, व्यूट इत्यादिमें कोई द्रव भरा जाता है तो इसका ऊपरी तल समतल नहीं होता वरन् वक्र होता है और कुछ मोटा देख पड़ता

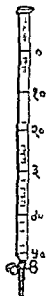


चित्र १६

जाता है। १००, २००, २५०, ५०० और १००० घन सें० मी० तकका ऐसा नपना बहुधा काममें आता है। देखो चित्र १६
व्यूरेट (Burette)—अधिक वारीकीके साथ जब द्रव



चित्र १६



चित्र १७

द्वारा जोड़ देते ह और बन्द करने, खोलनेके लिए एक चुटकी लगा देते है, [चित्र १६] व्यूरेटमें चिन्ह ऊपरसे नीचेकी ओर बनाये जाते हैं। नीचेके अंशमें कोई चिन्ह नहीं लगा रहता, इसलिए द्रव नापते समय इस बातका ध्यान रखना चाहिये कि सबसे नीचेवाले चिन्हके और नीचे तक द्रव न चला जाय।

का घन फल जानना होता है तब व्यूरेट काममें लाया जाता है।

यह भी नलाकार होता है किन्तु इसका छेद बहुत छोटा होता है और इसमें दशांश घन सेंटीमीटर तक नापनेके चिन्ह बनाये जाते हैं। यह दोनों किनारोंपर खुला रहता है, नीचेवाले किनारे का मुह नन्हा सा होता है जिससे वूँद वूँद द्रव व्यूरेटमेंसे निकाला जा सकता है। इस मुँहको बन्द करने और खोलनेके लिए एक टौटी लगी रहती है, [चित्र १७] * किसी किसी व्यूरेटमें टौटी नहीं लगायी जाती। जब इस से काम लेना होता है तब एक

नोकदार नलीको रबरकी नली द्वारा जोड़ देते ह और बन्द करने, खोलनेके लिए एक चुटकी लगा देते है, [चित्र १६] व्यूरेटमें चिन्ह ऊपरसे नीचेकी ओर बनाये जाते हैं। नीचेके अंशमें कोई चिन्ह नहीं लगा रहता, इसलिए द्रव नापते समय इस बातका ध्यान रखना चाहिये कि सबसे नीचेवाले चिन्हके और नीचे तक द्रव न चला जाय।

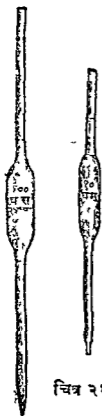
* चित्र १७ में २५ को शून्य, १० को ५, १५ को १०, १० को १५ और ५ को २०, पढ़ना चाहिये।

नीचेका सिरा नोकीला रहता है, जिसका मुह भी बहुत छोटा हो जाता है। ऊपरवाला मुह नलिकाकी चौड़ाईके बराबर होता है। इसीके पास एक गोल रेखा चारों ओर खिंची रहती है।

नलिकाका प्रयोग करनेकी रीति—इसके नोकीले सिरेको पानीमें छोड़ दो और दूसरे सिरेमें मुह लगाकर पानी ऊपर खींचो। जब चिह्नके ऊपरतक पानी चढ़ आवे तब जल्दीसे ऊपरवाले सिरेको अगूठेसे दबाकर बन्द कर लो और नलिकाको पानीके बाहर निकाल लो। अगूठेके दबावको जरासा कम करके बूँद बूँद करके पानी गिराते जाओ, जब घकतलका निचला बिन्दु रेखाको छूए हुए दिखाई पड़े तभी फिर कसकर दबा लो और जिन बर्तनमें पानी लेना चाहो उसमें गिरा लो। अन्तमें कुछ पानी नाकीले सिरेपर रह जायगा। इसलिए इस सिरेको पानीमें छुआ दो, थोडा पानी और गिर पड़ेगा। थोडी देरतक ठहरकर नलिका अलग रख दो। इतना करनेपर भी जो पानी लगा रह जाता है उसका हिसाब नहीं दिया जाता, क्योंकि चिह्न बनाते समय इस बातका विचार कर लिया जाता है। नलिकाके उभडे हुए भागपर जो अंक लिखा रहता है उतना घन सेंटीमीटर पानी प्रत्येक बार निकाला जा सकता है।

नपनी कुप्पी (Measuring flask)—कभी कभी ऐसी कुप्पियोंसे नापनेका काम बडी आसानीसे लिया जाता है, जिनमें एक साथ १०००, ५००, २५०, या १०० घन सेंटीमीटर द्रव नापा जा सकता है। ऐसी कुप्पियोंकी गर्दनमें गोल रेखा खिंची रहती है। जब उस चिह्नक घकतलका निचला

है, ऐसी अवस्थामें चिह्नके पढनेमें यह विचार करना पड़ता है कि कौनसा लिया जाय क्योंकि आँखोंको भिन्न स्थानोंमें ले जानेसे कभी एक चिह्न उस तलके सामने दीखता है और कभी दूसरा, जैसा चित्र १९ से प्रकट होता है। इस कठिनाईको दूर करनेके लिए आँखको उस (level) तलपर रखना चाहिये जिसपर (meniscus) वक्रतलका सबसे नीचेवाला बिन्दु हो। पारेमें यह वक्रतल ऊपर उठा रहता है इसलिए पारा-तलके पढनेमें आँख उस तलपर करना चाहिये जिसपर वक्रतलका सबसे ऊपरवाला बिन्दु हो।



चित्र २१

चित्र २०

य स्थानपर आँख हो तो मालूम होता है कि द्रव तल १ पर है, क पर आँख हो तो वही द्रवतल २ पर मालूम होता है और ग पर हो तो ३ पर मालूम होता है। वास्तवमें आँखको क स्थानपर रहना चाहिये। यदि एक सफेद कागज़ तलके पीछे और पास ही इस प्रकार रखा जाय कि उसका निचला किनारा द्रव-तलसे तनिकसा नीचे रहे तो चिह्नके पढनेकी कठिनाई बहुत कम हो जाय।

नलिका या पिपेट (Pipette)—जब किसी बड़े वर्तनमेंसे अथवा किसी बीकरसे द्रव नापकर निकालना होता है तब नपना घट और ब्यूरेटसे काम करनेमें असुविधा होती है। ऐसे अवसरपर नलिकाका प्रयोग करते हैं (चित्र २०, २१)। यह एक पतली नली होती है जो बीचमें द्रव-तल भरनेकेलिए उभड़ी रहती है।

प्रयोग १२—किसी बड़ी बोतलका आयतन (capacity) नापना । नपने घटमें पानी ऊपरवाले चिह्नतक भरकर बोतलमें धीरे धीरे छोड़ो, जब बोतल बिलकुल भर जाय नपनेको हटाकर देखो पानी किस चिह्नतक है । इस चिह्नवाले अङ्कको ऊपरवाले चिह्नके अङ्कसे घटा दो । यहाँ अन्तर उस बोतलका आयतन है । यदि बोतल न भरे और नपनेका पानी सत्र निकल जाय तो नपनेको थोड़ी देरतक बोतलमें ही नीचेकी तरफ धामे रहो जब सारा पानी निथर जाय, फिर भरकर बोतलमें छोड़ो । बोतलके भरजानेपर देखो कुल कितना पानी छोड़ा गया । तीन बार इसी तरह बोतल भरो और उत्तरोंकी औसत निकालो ।

प्रयोग १३—दवातका आयतन नापना ।

इसके लिए ब्यूस्ट प्रयोग करना चाहिये । दवातको साफ करके सुखालो और ब्यूस्टमें पानी भरकर देखो किस चिह्नपर है । चुटकी ढीली करके दवात भर लो । जिस समय दवात भर जाय चुटकी छोड़ दो और देखो अब पानी किस चिह्नपर है । दोनोंका अन्तर दवातका आयतन होगा । तीन बार ऐसा ही करो और उत्तरोंकी औसत निकालो । उत्तरोंको इस तरह लिखो—

पहली बार—

ब्यूस्ट का दूसरा चिह्न . घन सें० मी०

„ पहला चिह्न घन सें० मी०

दवातका आयतन ; घन सें० मी०

दूसरी बार—

ब्यूस्टका दूसरा चिह्न घन सें० मी०

„ पहला चिह्न . „

दवातका आयतन घन सें० मी०

विन्दु पहुँच जाता है तब समझते हैं कि इसमें उतना घन सें० मी० द्रव भर गया है जो कुप्पीपर लिखा रहता है। १००० घन



सेंटीमीटरवाली कुप्पीको लीटर-कुप्पी (litre flask) कहते हैं, ५०० घ० सें० मी० घाली कुप्पीको अर्द्ध लीटर कुप्पी इत्यादि। १००० घन सेंटीमीटरका नाम एक लीटर रखा गया है (देखो चित्र २२)।

ब्रिटिश राज्यमें द्रव नापनेके लिए (pint, quart, gallon) पैंट, क्वार्ट और गैलनके नपने काम लायेमें जाते हैं। एक गैलन चार क्वार्टके बराबर होता है और एक क्वार्ट दो पैंटके।

चित्र २२

इन नपनोंपर 25°C (25°C) क्यों लिखा रहता ?

गरमी से सभी चीजें बढ़ती हैं और सरदीसे सिकुडती हैं। इसकी परीक्षा सब कोई कर सकता है। एक छोटी छोटोरीमें पानी भरकर आगपर रख दो। थोड़ी देरमें जब पानी गरम होकर बढेगा तब आगमें गिरकर आगको बुझा देगा। दूधका उफनना सबको मालूम है, यह भी उसी कारण होता है। किसी पदार्थके घनफल और तोलमें विशेष सम्बन्ध होता है। एक लीटर गरम और एक लीटर ठंडा पानी तोला जाय तो यह प्रकट हो जायगा कि गरम पानी तोलमें कम है। 25°C श का चिन्ह एक विशेष गरमीको प्रकट करता है जिससे नापनेवालेको मालूम रहे कि इसमें भरा हुआ द्रव 25°C की गरमीमें विशेष तोलका होता है। यह बात तापका अध्याय पढ़नेपर पूरी तरह समझमें आ जायगी।

प्रयोग १२—किसी बड़ी बोतलका आयतन (capacity) नापना । नपने घटमें पानी ऊपरवाले चिह्नतक भरकर बोतलमें धीरे धीरे छोड़ो, जब बोतल बिलकुल भर जाय नपनेको हटाकर देपो पानी किस चिह्नतक है । इस चिह्नवाले अङ्कको ऊपरवाले चिह्नके अङ्कसे घटा दो । यही अन्तर उस बोतलका आयतन है । यदि बोतल न भरे और नपनेका पानी सब निकल जाय तो नपनेको थोड़ी देरतक बोतलमें ही नीचेकी तरफ थामे रहो जब सारा पानी निघर जाय, फिर भरकर बोतलमें छोड़ो । बोतलके भरजानेपर देपो कुल कितना पानी छोड़ा गया । तीन बार इसी तरह बोतल भरो और उत्तरोंकी औसत निकालो ।

प्रयोग १३—दवातका आयतन नापना ।

इसके लिए ब्यूरेट प्रयोग करना चाहिये । दवातको साफ करके सुखालो और ब्यूरेटमें पानी भरकर देपो किस चिह्नपर है । चुटकी ढीली करके दवात भर लो । जिस समय दवात भर जाय चुटकी छोड़ दो और देपो अब पानी किस चिह्नपर है । दोनोंका अन्तर दवातका आयतन होगा । तीन बार ऐसा ही करो और उत्तरोंकी औसत निकालो । उत्तरोंको इस तरह लिखो—

पहली बार—

ब्यूरेट का दूसरा चिह्न घन सें० मी०

„ पहला चिह्न घन सें० मी०

दवातका आयतन घन सें० मी०

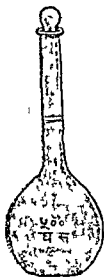
दूसरी बार—

ब्यूरेटका दूसरा चिह्न घन सें० मी०

„ पहला चिह्न ”

दवातका आयतन घन सें० मी०

विन्दु पहुँच जाता है तब समझते हैं कि इसमें उतना घन सें० मी० द्रव भर गया है जो कुप्पीपर लिखा रहता है। १००० घन



सेंटीमीटरवाली कुप्पीको लीटर-कुप्पी (litre flask) कहते हैं, ५०० घ० सें० मी० वाली कुप्पीको अर्द्ध लीटर कुप्पी इत्यादि। १००० घन सेंटीमीटरका नाम एक लीटर रखा गया है (देखो चित्र २२)।

ब्रिटिश राज्यमें द्रव नापनेके लिए (pint, quart, gallon) पैन्ट, क्वाटं और गैलनके नपने काम लायेमें जाते हैं। एक गैलन चार क्वार्टके बराबर होता है और एक क्वार्ट दो पैन्टके।

चित्र २२

इन नपनोपर 25°C (२५°श) क्यों लिखा रहता ?

गरमी से सभी चीजें बढ़ती हैं और सरदीसे सिकुड़ती हैं। इसकी परीक्षा सब कोई कर सकता है। एक छोटी है। कटोरीमें पानी भरकर आगपर रख दो। थोड़ी देरमें जब पानी गरम होकर बढ़ेगा तब आगमें गिरकर आगको बुझा देगा। दूधका उफनना सबको मालूम है, यह भी उसी कारण होता है। किसी पदार्थके घनफल और तोलमें विशेष सम्बन्ध होता है। एक लीटर गरम और एक लीटर ठंडा पानी तोला जाय तो यह प्रकट हो जायगा कि गरम पानी तोलमे कम है। २५°श का चिन्ह एक विशेष गरमीको प्रकट करता है जिससे नापनेवालेको मालूम रहे कि इसमें भरा हुआ द्रव २५°श की गरमीमें विशेष तोलका होता है। यह बात तापका अध्याय पढ़नेपर पूरी तरह समझमें आ जायगी।

वस्तु उसमें डूब जाय। पानी भर चुकनेपर पानी तलका चिह्न लिख लो, नपनेको भुकाकर ठोसको धीरेसे लुढ़का दो। याद रखो कि पानी उछलकर बाहर न निकल पड़े। नपनेके भुकानेमें दो बातोंका लाभ होता है—(१) घटके टूटनेका डर नहीं रहता और (२) पानी उछलकर बाहर नहीं जा पहुँचता। यदि ठोसमें हवाके बुलबुले इधर उधर चिपके हैं तो नपना हिला देनेसे निष्फल जायगे। इसपर भी न निकलें तो शीशेके कलमसे उनको छुडा दो। जब सब बुलबुले निकल जाय पानी-तलका चिह्न फिर लिख लो। इन दोनोंका अन्तर उस ठोसका घनफल होगा, क्योंकि यह उठे हुए पानीका घनफल है और पानी उतना ही उठेगा जितना हटानेवाले ठोसका घनफल है।

(२) वस्तु बहुत छोटी हा तो व्यूरट लेकर उसका श्रायतन ऊपरवाली रीतिसे निकालो।

(३) यदि वस्तु बहुत बड़ी हो तो यह युक्ति करो—

एक ऐसा वर्तन लो जिसमें वह वस्तु ऐसी रखी जा सके कि पानी भरनेपर बिलकुल डूब जाय। उस वर्तनका श्रायतन कहीं हुई विधिसे अनुसार मालूम कर लो। वस्तुको वर्तनमें रखकर देखो अब कितना पानी छोड़नेसे वर्तन भर जाता है। वर्तनके श्रायतनमेंसे इस पानीका घनफल घटाओ। अन्तर उस वस्तुका घनफल होगा।

प्रयोग १७—पानीमें तैरनेवाली ठोस वस्तुका घनफल निकालना।

(१) नपना घटमें इतना पानी भरो कि वस्तु डूब सके। पानीतलका चिह्न पढ़कर वस्तुको नपनेमें छोड़ दो और एक लम्बी सुईसे उसे पानीमें दबाकर डुबो दो, हवाके बुलबुलोंको

तीसरी बार—

व्यूटका दूसरा चिह्न	घन सें० मी०
” पहला चिह्न	”
दयातका आयतन	घन सें० मी०
तीनों उत्तरोंकी औसत	घन सें० मी०

नोट—यदि निचरे निशानतक व्यूटमें पानी आ जाय और दवात न भरे तो फिर पानी भरकर इसी प्रकार छोड़ो, जब दवात भर जाय तब चिह्नको पढ़कर जोड़ लो। आगेके सारे प्रयोगोंको तीन तीन बार करके उत्तरकी शुद्धता जाचनी होगी।

प्रयोग १४—हिमी बहुत बड़े वर्तनका आयतन नापना।

लीटर-नपना या लीटर कुप्पीसे पानी भर भर कर वर्तन में छोड़ो। जब वर्तन भर जाय और अन्तिम बार नपनेमें कुछ पानी रह जाय तब इस पानीको नपना घटमें नाप लो। मान लो कि घाटकी घार नपनेमें ३५० घन सें० मी० पानी रह गया जिस समय घटा वर्तन भर चुका। कुल पानी १२×१००० घ० सें० मी० लिया गया जिसमेंसे ३५० घ० सें० मी० पानी बच गया। इसलिए वर्तनका आयतन $१० \times १००० - ३५०$ घ० सें० मी० अर्थात् ११६५० घ० सें० मी० है।

प्रयोग १५—ब्रिटिश और मेट्रिक नपनोंका सम्बन्ध जाचना।

पैन्ट नपना लेकर उसके निशानतक नपना घटसे पानी भरकर छोड़ो और प्रयोग १४ के अनुसार हिसाब लगाओ।

प्रयोग १६—पानीमें डूब जानेवाले ठोसका घनफल मालूम करना।

(१) एक ऐसा नपना-घट लो जिसमें यह ठोस आसानीसे जा सके। नपनेमें इतना पानी भर लो कि ठोस

वस्तु उसमें डूब जाय। पानी भर चुकनेपर पानी तलका चिह्न लिख लो, नपनेको झुकाकर ठोसको धीरेसे लुढ़का दो। याद रखो कि पानी उछलकर बाहर न निकल पड़े। नपनेके मुकानेमें दा घातोंका लाभ होता है—(१) घटके टूटनेका डर नहीं रहता और (२) पानी उछलकर बाहर नहीं जा पहुँचता। यदि ठोसमें हवाके बुलबुले उधर उधर चिपके हों तो नपना हिला देनेसे निकल जायगे। इसपर भी न निकलें तो शीशेके कलमसे उनको छुड़ा दो। जब सब बुलबुले निकल जायं पानी-तलका चिह्न फिर लिख लो। इन दोनोंका अन्तर उस ठोसका घनफल होगा, क्योंकि यह उठे हुए पानीका घनफल है और पानी उतगा ही उठेगा जितना हटानेवाले ठोसका घनफल है।

(२) वस्तु बहुत छोटी हो तो व्यूरट लेकर उसका आयतन ऊपरवाली रीतिसे निकालो।

(३) यदि वस्तु बहुत बड़ी हो तो यह युक्ति करो—

एक ऐसा वर्तन लो जिसमें वह वस्तु ऐसी रखी जा सके कि पानी भरनेपर विलकुल डूब जाय। उस वर्तनका आयतन कहीं हुई विधिसे अनुसार मात्म कर लो। वस्तुको वर्तनमें रखकर देखो अब कितना पानी छोड़नेसे वर्तन भर जाता है। वर्तनके आयतनमेंसे इस पानीका घनफल घटाओ। अन्तर उस वस्तुका घनफल होगा।

प्रयोग १७—पानीमें तैरनेवाली ठोस वस्तुका घनफल निकालना।

(१) नपना घटमें इतना पानी भरो कि वस्तु डूब सके। पानीतलका चिह्न पढ़कर वस्तुको नपनेमें छोड़ दो और एक लम्बी सुईसे उसे पानीमें दबाकर डूबो दो, हवाके बुलबुलोंको

छुड़ाकर पानीतलके चिह्नको फिर पढो। दोनों चिह्नोंका अन्तर वस्तुके घनफलके बराबर होगा।

(२) वस्तु बहुत छोटी हो तो व्यूरटसे इसी प्रकार आयतन निकालो।

(३) एक ऐसा डूबनेवाला ठोस लो जो तैरनेवाले ठोसको भी डुबा सके। पहले डूबनेवाले ठोसका घनफल निकालो, फिर दोनोंको डोरेसे बांधकर एक साथ घनफल निकालो। दोनोंके घनफलमेंसे डूबनेवालेका घनफल घटा देनेसे उतराने वालेका घनफल निकल आएगा। इसको यों लिखो—

डुबाने और तैरनेवालेका मिलाकर घनफल=	घ० सं० मी०
केवल डुबानेवालेका घनफल	= "
तैरनेवालेका घनफल	= "

प्रयोग १८—सुईका, या सीसेके छुर्रोंका, घनफल नापना।

एक सुई या एक गोली या छुर्रोंका घनफल निकालनेमें बहुत बड़ी अशुद्धि होनेका डर है। इसलिए ३०, ४०, ५० वा ६० ऐसी सुइयों वा छुर्रोंको चुने कि प्रत्येकका घनफल देखनेमें प्रायः एकसा हो। सबका घनफल व्यूरट द्वारा एक साथ निकालकर जितनी सुइयां वा छुर्रें हों उनकी सरयासे भाग दे दे तो एक सुई वा छुर्रोंका घनफल निकल आएगा।

यहा यह बतला देना उचित जान पडता है कि छोटी वस्तुओंके नापने जोखनेमें बड़ी सावधानीकी आवश्यकता पडती है, क्योंकि इसमें जरासी भी गलती हो जानेसे उत्तरमें बहुत कुछ अंतर पड जाता है। इसलिए जहांतक हो सके छोटी चीजोंको बड़े नपनोंसे नापनेके लिए उसी प्रकारकी

बहुत नीचीजें लेकर नापे और तब एककी नाप निकाले । यह बात एक उदाहरणसे स्पष्ट हो जायगी.—

मान लो च्यूस्ट द्वारा एक सुईका आयतन निकालना है । च्यूस्टमें दशांश घन सेंटीमीटर तकके चिह्न बने रहते हैं परन्तु विंशतिश घन सेंटीमीटर तक पढा जा सकता है, मान लो सुईका आयतन यथार्थमें ०७ घन सेंटीमीटर है, किन्तु पढा जाता है १ घन सेंटीमीटर अथवा ०५ घन सेंटीमीटर । इस तरह या तो ०३ घ० सें० मी० की अशुद्धि पडती है या ०२ घ० सें० मी० की ।

पहली अशुद्धिसे प्रति सैकडा $\frac{०३ \times १००}{०७}$ या ४३ की अशुद्धि होती है, और दूसरी अशुद्धिसे " $\frac{०२ \times १००}{०७}$ या २८ ६ " " ।

परन्तु यदि ६० सुइयोंका एक साथ घनफल निकाला जाय तो च्यूस्टसे उनका घनफल या तो ४ २५ या ४ १५ घनसेंटीमीटर पढा जायगा जब कि यथार्थ में उनका घनफल ४ २ घ० सें० मी० है । इस तरह ६० सुइयोंके घनफलमें ०५ को अशुद्धि हुई और १ सुईके घनफलमें $\frac{०५}{६०}$ वा ०००८३ घन सें० मी० की अशुद्धि हुई । इसलिये

प्रति सैकडा $\frac{०००८३ \times १००}{०७}$ वा $\frac{०८३}{०७}$ वा $\frac{८३}{७}$ वा १२ की अशुद्धि हुई ।

प्रयोग १६—घन सेंटीमीटर और घन इंचका सम्बन्ध जाचना ।
यों तो गुरसे जाना जा सकता है कि १ घन इंच = २५४ × २५४ × २५४ घन सेंटीमीटर, क्योंकि एक इंच-

घनका प्रति किनारा, ०.५४ सेंटीमीटरके बराबर होता है। परन्तु प्रयोग द्वारा जाननेके लिए इतना देख लेना बस है कि एक इञ्च घन कितना घन सेंटीमीटर पानी हटाता है। यदि और शुद्धता चाहते हो तो एक इञ्च-घनके स्थानमें एक ऐसा आयतानकार ठोस लो जिसका घनफल कई घन इञ्च हो। जितना घन सेंटीमीटर पानी यह ठोस हटावे उसको उस ठोसके घनफलके घन इञ्चोंके ब्रह्मसे भाग देदो। भजनफलका अंक उतने घन सेंटीमीटरोंकी सख्या होगी जो एक घन इञ्चके बराबर है।

अभ्यासार्थ प्रश्न--६

१—एक सन्दूक ३५ सें० मी० लम्बी, १० सें० मी० चौड़ी और १० सें० मी० गहरी है। इनका आयतन लीटरोंमें निवालो।

२—दो डेसीलीटरोंमें कितने सेंटीमीटर शामिल है ?

३—एक घन इंचमें कितने घन मिलीमीटर होते हैं ?

४—सोनेके कमरेमें प्रत्येक मनुष्यके लिए ६०० घनफुट हवाकी आवश्यकता पडती है। यदि कमरेकी भीतरी लम्बाई १० गज और चौड़ाई ३ गज रखी जाय तो कमरा कितना ऊचा करना चाहिये जिसमें ५ मनुष्योंके सोनेमें आवश्यक हवा मिलती रहे।

५—एक वर्तनमें ८० लीटर पानी भरा हुआ है। एक कुटुम्बमें ५ मनुष्य रहते हैं, यदि प्रत्येक मनुष्य प्रति दिन ३६ पैन्ट पानी व्यवहारमें जाने पावे तो यह पानी कितने दिनोंतक चलेगा ? (१ लीटर=१६ पैन्ट)

५-वेलन, सूची आदिका घनफल

वेलनका घनफल

आयताकार ठोसका घनफल = ल × च × उ

जहाँ ल = ठोसकी लम्बाई, च = ठोसकी चौड़ाई और उ = ठोसकी ऊँचाई ।

परन्तु उस ठोसके लम्बे चौड़े तलका क्षेत्रफल = ल × च, इसलिए उसका घनफल = लम्बे चौड़े तलका क्षेत्रफल × उ, और यह उ दोनों लम्बे चौड़े तलोंकी दूरी है । इसलिए आयताकार ठोसका घनफल निकालनेके लिए उसके किसी तलके क्षेत्रफलको सामनेवाले तलकी दूरीसे गुणा कर दो । गुणफल, ठोसका घनफल होगा ।

किसी वेलनके (cylinder) देखनेसे मालूम होता है कि उसके दो सिरे समान क्षेत्रफलके और आमने सामने होते हैं, इसलिए इसका घनफल भी किसी एक सिरेके क्षेत्रफलको दूसरे सिरेकी दूरीसे गुणा करनेसे मालूम हो जायगा । इसका सिरा गोल होता है इसलिए उसका क्षेत्रफल = $\pi (r)^2$ जहाँ r सिरेका अर्धव्यास है । यदि उ वेलनके सिरोंकी दूरी अर्थात् वेलनकी ऊँचाई मान ली जाय तो वेलनका घनफल = उ × $\pi (r)^2$ = उ × π × r^2 । यही वेलनके घनफल निकालनेका गुरु होना चाहिये ।

नोट—आयताकार, घनाकार और वेलनके आकार इत्यादिका ठीक ठीक बराबरी जिससे चारों ओर एक ही नाप बतरे बड़ा कठिन काम है, जिमसे इनका दाम बहुत बढ़ा हुआ रहता है और साधारण कारखानोंन इनका

बनाना भी असम्भव है। इसलिए मामूली ही ठोसोंसे वजन लेना पड़ता है। अशुद्धियों कम करनेके लिए एक ही नाप कई स्थानोंमें लेनी चाहिये कमसे कम ऊपर, नीचे और बीचमें तीन नाप अथवा लेकर उनकी औसत निकाले और इसी औसतको शुद्ध नाप समझे।

प्रयोग २०—एक वेजनका घनफल नापकर निकालना।

मीटर रूलसे औसत ऊंचाई और फैलीपरसे औसत व्यास नापकर लिखो और गुरुके सहारे घनफल निकाल लो।

प्रयोग २१—प्रयोग २० वाले वेजनके घनफलकी शुद्धता जाचना।

यदि बेलन धातुका हो तो प्रयोग ६६ की किसी रीतिके अनुसार और उतरानेवाले पदार्थका हो तो प्रयोग १७ की किसी रीतिले, जिसमें लुभीता पड़े, घनफल निकालो और देखो कि दोनोंमें कितना अन्तर पड़ता है।

इन दोनों प्रयोगोंमें शुद्ध नापनेकी कठिनाइयोंके कारण कुछ अशुद्धि रह जाती है। इन्हीं अशुद्धियोंको कम करनेके लिए नीचे लिखी रीतिसे भी घनफल निकालते हैं।

प्रयोग २२—इसी वेजनका घनफल तोलकर निकालना।

पहले एक पेसा आयताकार वा घनाकार टुकड़ा उसी पदार्थका लो, जिसका बेलन बना हुआ हो। इसका घनफल औसत लम्बाई, चौड़ाई और ऊंचाई नापकर मालूम कर लो। इसको तोल लो और घनफलकी इकाइयोंकी संख्यासे तोलको भाग दे दो, जिससे एक घन सेंटीमीटर पदार्थकी तोल मालूम हो जायगी। बेलनको तोलकर एक घन सेंटीमीटरकी तोलसे भाग दे दो, यही बेलनका घनफल होगा। नापोंको इस प्रकार लिखो—

आयताकार वस्तुकी औंसत लम्बाई	=	सेंटीमीटर
" " चौड़ाई	=	"
" " ऊंचाई	=	"
" का घनफल	=	घ० सेंटीमीटर
आयताकार वस्तुकी तोल	=	ग्राम

१ घन सें० मी० पदार्थकी तोल

$$= \frac{\text{आयताकार वस्तुकी तोल}}{\text{आयताकार वस्तुके घनफलकी संख्या}} = \text{ग्राम}$$

$$\text{वेलनकी तोल} = \text{ग्राम}$$

$$\text{वेलनका घनफल} = \frac{\text{वेलनकी तोल}}{\text{१ घन सें० मी० पदार्थकी तोल}}$$

$$= \text{घन सें० मी०}$$

तीन वारकी औंसत निकालो ।

और अधिक शुद्धता चाहते हो तो वेलनकी तोलको उस पदार्थके शुद्धसे भाग दो । इन्म शुद्धताका अंक किसी अच्छी वैज्ञानिक पुस्तकसे लो । आगे चलकर यह भी बतलाया जायगा कि ओर आसानीसे किसी वस्तुका घनफल कैसे निकाला जाता है ।

उदाहरण १—एक वेलनकी लम्बाई ५ फुट और उसका अर्धव्यास २ १/२ फुट है; उसका घनफल कितना होगा ?

$$घ = \pi \times r^2 \times व$$

जहाँ घ वेलनका घनफल, π व्यासार्ध और व उसकी ऊंचाई अथवा लम्बाई है । इसलिए—

$$घ = \pi \times \left(2\frac{1}{2}\right)^2 \times ५ \text{ घन फुट}$$

$$= ३३४ \times \frac{\pi}{४} \times \text{घन फुट}$$

$$= \frac{१४१३}{४} \text{ घन फुट}$$

$$= ३५३२५ \text{ घन फुट}$$

उदाहरण २—एक गोल कुंडकी गहराई १० फुट और गोलाई ३७ ६८ फुट है। इसमें कितना घन फुट पानी भरा जा सकता है और यदि एक घन फुट पानी की तोल ३१ २५ सेर हो तो भरे हुए पानी की तोल कितनी होगी ?
कुंडकी गोलाई = ३७ ६८ फुट

$$\therefore \text{उसका अर्धव्यास} = \frac{३७ ६८}{२\pi} \text{ फुट}$$

$$= \frac{३७ ६८}{२ \times ३.१४} \text{ फुट}$$

$$= ६ \text{ फुट}$$

$$\text{कुंडकी घनफल} = \pi \times ६^2 \times १० \text{ घन फुट}$$

$$= ३१४ \times ३६ \times १० \text{ घन फुट}$$

$$= ११३०४ \text{ घन फुट}$$

एक घनफुट पानी की तोल ३१ २५ सेर है, इसलिए कुण्डमें भरे हुए पानी की तोल = ११३०४ × ३१ २५ सेर = ३५३२५ सेर

अभ्यासार्थ प्रश्न—१०

(१) एक बेलनका व्यास १५ ४ सें० मीटर और ऊँचाई २० सें० मी० है तो उसका घनफल बताओ।

(१) एक कुआ ५० फुट गहरा है, जिसमें १२ फुट पानी की गहराई है तो कुए में पानीके ऊपर तितने घन फुट हवा है ? कुए की गोलाई ६ सेंटीमीटर है ।

(२) एक नलसे जिसका भीतरी व्यास २ इंच है, १२ घन्टेमें कितना पानी भरा जा सकता है, यदि पानीकी चाल प्रति सेकण्ड २ फुट हो ।

(४) एक सीसेके नलका बाहरी और भीतरी व्यास क्रमसे ६ सेंटीमी० और ५ २ सेंटीमी० है । नलकी लम्बाई यदि १२ फुट हो तो उसके वजनमें कितना सीसा गनाया गया होगा ?

(५) एक घटकी (jar) गहराई १५ सेंटीमीटर है और उसका व्यास ४ सेंटीमीटर, ५० घन सेंटीमीटर पानी भर देनेपर कितनी गहराई तक घट ग्याली रहगा और यह खाली गहराई कुल गहराईका कौनसा भाग होगी ?

(६) एक चादीकी चदर त्रिकुण गोल और सब म्यानमें एकसी मोटी है, इसका अर्धव्यास १५ सेंटीमीटर और मोटाई ३ सेंटीमीटर है । यदि एक घन सेंटीमीटर चादीके दाम १० आने हों तो कुल चदरके बेचनेमें कितना रुपया मिलेगा ।

(७) एक सेर तोजवाला पथर दो अममान भागोंमें टूट गया, बिना तराजू या कमानीडार काटेके, इनकी तोन कैसे मालूम कर सकते हो ?

(८) १०० घन सेंटीमीटरवाले नपना घटमें एक एक घन सेंटीमीटरके चिन्ह लगाये हुए हैं । यदि घटका व्यास २ ६ सेंटीमीटर हो तो एक चिह्नसे दूसरेकी दूरी क्या होगी ?

अभ्यासार्थ प्रयोग

१—किसी टेढे मेढे ठोसका आयतन तोलकर निकालो ।

वृत्त-सूची, गोला और घेलन

एक ही ऊंचाई और व्यासवाली (cone) वृत्तसूची, (sphere) गोले और घेलनके आयतनोंमें एक विशेष सम्बन्ध रहता है जिसके जान लेनेसे वृत्त सूची और गोलोंके आयतन

निकालनेका भी गुर मालूम हो जायगा । इसलिए यह समग्र्य जानना आवश्यक है । (देखो चित्र २३)



चित्र २३

प्रयोग २३—एक ही ऊ चाई और व्यासवाली वृत्त-सूची, गोले और बेलनका घनफल तोलकर निकालना ।

यह सब चीजें एक ही पदार्थकी (अर्थात् एक ही धातु या लकड़ी) बनी हुई लो, और २०वें प्रयोगके अनुसार सबका घनफल तोलकर निकालो । नीचेकी भांति साना बनाकर इस प्रकार लिखो :—

नाम	तोल	आयतन
वृत्तसूची	.	
गोला	.	.
बेलन	.	.

$$(१) \frac{\text{वृत्तसूचीका आयतन}}{\text{बेलनका आयतन}} =$$

$$(२) \frac{\text{गोलेका आयतन}}{\text{बेलनका आयतन}} =$$

यदि तोलनेमें असावधानी न हुई होगी तो वृत्तसूचीके आयतनको बेलनके आयतनसे भाग देनेपर $\frac{1}{2}$ और गोलेके आयतनको बेलनके आयतनसे भाग देनेपर $\frac{2}{3}$ आवेगा ।

यदि एक खोखला बेलन ऐसा हो जिसकी भीतरी ऊँचाई और व्यास वृत्तसूची और गोलेकी ऊँचाई और व्यासके बराबर हो तो व्यूरटसे भी इन सम्बन्धाकी शुद्धताकी जाच की जा सकती है । इसके लिए नीचेवाले प्रयोग करो ।

प्रयोग २४—वृत्तसूची, गोला और बेलनका सम्यन्ध व्यूरटसे निकालना ।

पहले देखो, बेलनमें कितना पानी भरा जा सकता है । यही बेलन का आयतन होगा । पानी निकालकर बेलनको सुखा लो और वृत्तसूची बेलनके भीतर रखकर देखो अब कितने पानीसे बेलन भर जाता है और वृत्त सूची डूबी रहती है । पानीके इस आयतनको बेलनके आयतनसे घटानेपर वृत्त सूचीका आयतन मालूम होगा ।

इसी तरह गोलेको भी बेलनके भीतर रखकर और पानी भरकर गोलेका आयतन निकालो ।

नापोंको इस तरह लिखो—

वेलनको पानीसे भर देनेपर व्यूरटका चिह्न = घ० सें० मी०
 , , भरनेके पहले , , = घ० सें० मी०
 (१) वेलनका आयतन = घ० सें० मी०

वृत्तसूचीको वेलनमें रख कर और पानीसे भर देनेपर
 व्यूरटका चिह्न = . घ० सें० मी०
 वृत्तसूचीको वेलनमें रख कर और पानीसे
 भरनेके पहले व्यूरटका चिह्न = घ० सें० मी०

(२) वृत्तसूचीके रहत हुए जितने
 पानीसे वेलन भर जाता है वह = घ० सें० मी०

• वृत्तसूचीका आयतन = (१) — (२)

इसी तरह गोलेका भी आयतन निकालो ।

यदि यह उतरानेवाले पदार्थके हों तो आलपीनसे इनको
 डुबा रखना चाहिये । इनसे भी वही सम्बन्ध निकलेगा जो
 तोलकर आया है अर्थात्

$$\frac{\text{वृत्तसूचीका आयतन}}{\text{वेलनका आयतन}} = \frac{१}{३}$$

$$\frac{\text{गोलेका आयतन}}{\text{वेलनका आयतन}} = \frac{२}{३}$$

दृत्तसूची, और गोलेके घनफल निकालनेके गुर
 यह दिखलाया जा चुका है कि,

$$\text{घ} = \pi \text{ त्र}^2 \times \text{उ}$$

जहां घ = वेलनका घनफल, त्र = वेलनका व्यासार्ध और
 उ = वेलनकी ऊंचाई ।

वृत्तसूचीका घनफल वेलनके घनफलका तिहाई होता है, जब वृत्तसूचीकी ऊंचाई और उसके आधारका व्यास क्रमसे वेलनकी ऊंचाईके और व्यासके बराबर हों।

$$\text{वृत्तसूचीका घनफल} = \frac{1}{3} \times \pi r^2 \times h \quad (1)$$

परन्तु वेलन, गोले और वृत्तसूचीको ऊंचाइयां समान हैं और गोलेकी ऊंचाई और व्यास बराबर हैं, इसलिए $h=2r$ और

$$\text{गोलेका घनफल} = \frac{4}{3} \times \pi r^3 \times \frac{3}{4} = \frac{4}{3} \times \pi r^3$$

यदि वृत्तसूचीकी ऊंचाई आधारके व्यासके समान न हो तो गुरु यह होगा, वृत्तसूचीका घनफल $= \frac{1}{3} \times \pi r^2 \times h$ (देखो गुरु (1))

उदाहरण (1)—वृत्त-सूचीके आधारका व्यास ५ फुट है और ऊंचाई २२ फुट, तो उसका घनफल क्या है ?

$$p = \frac{1}{3} \pi r^2 h$$

जहाँ $p =$ वृत्त-सूचीका घनफल,

$r =$ " व्यासके

$h =$ " की ऊंचाई

दी हुई वृत्त-सूचीका घनफल

$$= \frac{1}{3} \times 3.14 \times (2.5)^2 \times 22$$

$$= 141.37 \text{ घनफुट}$$

(२)—एक गोलेका व्यास ४ इंच है तो उसका घनफल कितना है ?

बेलनको पानीसे भर देनेपर व्यूरटका चिह्न = घ० सें० मी०
 " " भरनेके पहले " = घ० सें० मी०
 (१) बेलनका आयतन = घ० सें० मी०

वृत्तसूचीको बेलनमें रख कर और पानीसे भर देनेपर
 व्यूरटका चिह्न = . घ० सें० मी०

वृत्तसूचीको बेलनमें रख कर और पानीसे
 भरनेके पहले व्यूरटका चिह्न = . घ० सें० मी०

(२) वृत्तसूचीके रहते हुए जितने
 पानीसे बेलन भर जाता है वह = घ० सें० मी०

वृत्तसूचीका आयतन = (१) — (२)

इसी तरह गोलेका भी आयतन निकालो ।

यदि यह उतरानेवाले पदार्थके हों तो आलपीनसे, इनको
 डुबा रखना चाहिये । इनसे भी वही सम्बन्ध निकलेगा जो
 तोलकर आया है अर्थात्

$$\frac{\text{वृत्तसूचीका आयतन}}{\text{बेलनका आयतन}} = \frac{१}{३}$$

$$\frac{\text{गोलेका आयतन}}{\text{बेलनका आयतन}} = \frac{२}{३}$$

वृत्तसूची, और गोलेके घनफल निकालनेके गुर
 यह दिखलाया जा चुका है कि,

$$घ = \pi r^2 \times उ$$

जहां घ = बेलनका घनफल, r = बेलनका व्यासार्ध और
 उ = बेलनकी ऊंचाई ।

वृत्तसूचीका घनफल वेलनके घनफलका तिहाई होता है, जब वृत्तसूचीकी ऊंचाई और उसके आधारका व्यास क्रमसे वेलनकी ऊंचाईके और व्यासके बराबर हों।

$$\text{वृत्तसूचीका घनफल} = \frac{1}{3} \times \pi \times r^2 \times h \quad (1)$$

परन्तु वेलन, गोले और वृत्तसूचीकी ऊंचाईया समान हैं और गोलेकी ऊंचाई और व्यास बराबर हैं, इसलिए $h=2r$ और

$$\text{गोलेका घनफल} = \frac{4}{3} \times \pi \times r^3 \times \frac{2}{2} = \frac{4}{3} \times \pi \times r^3$$

यदि वृत्तसूचीकी ऊंचाई आधारके व्यासके समान न हो तो गुरु यह होगा, वृत्तसूचीका घनफल $= \frac{1}{3} \times \pi \times r^2 \times h$ (देखो गुरु (1))

उदाहरण (1)—वृत्त-सूचीके आधारका व्यास ५ फुट है और ऊंचाई १२ फुट, तो उसका घनफल क्या है ?

$$घ = \frac{1}{3} \pi r^2 h$$

जहाँ घ = वृत्त-सूचीका घनफल,

π = " व्यासके

h = " की ऊंचाई

दी हुई वृत्त-सूचीका घनफल

$$= \frac{1}{3} \times 3.14 \times (2.5)^2 \times 12$$

$$= 78.5 \text{ घनफुट}$$

(२)—एक गोलेका व्यास ४ इंच है तो उसका घनफल कितना है ?

$$घ = \frac{4}{3} \pi r^3$$

जहाँ घ = गोलेका घनफल

$$r = \text{'' व्यासार्ध}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{दिये हुए गोलेका घनफल} &= \frac{4}{3} \times 3 \times 18 \times 2^3 \text{ घन इञ्च} \\ &= \frac{4}{3} \times 3 \times 18 \times 2^3 \text{ घन इञ्च} \\ &= 36 \times 8 \text{ घन इञ्च} \end{aligned}$$

(३) पीतलके एक ठोस बेलनके एक सिरेपर एक छत-सूची खरादी हुई है, जिसके आधारका व्यासके समान है। यदि सूचीकी नोकसे बेलनके दूसरे सिरे तककी ऊँचाई = ८ इञ्च तो और बेलनकी ऊँचाई ५ इञ्च, तो उस कुलका घनफल क्या होगा ? बेलनके सिरेका व्यास २ इञ्च है।

कुलका घनफल = छत सूचीका घनफल + बेलनका घनफल

$$\text{छत-सूचीकी ऊँचाई} = 8 - 5 \text{ इञ्च} = 3 \text{ इञ्च}$$

और उसके आधारका व्यास = २ इञ्च,

$$\begin{aligned} \therefore \text{छत-सूचीका घनफल} &= \frac{1}{3} \times \pi \times 1^2 \times 3 \text{ घन इञ्च} \\ &= \frac{1}{3} \times 3 \times 18 \times 3 \text{ घन इञ्च} \\ &= 36 \text{ घन इञ्च।} \end{aligned}$$

बेलनकी ऊँचाई = ५ इञ्च, व्यास = २ इञ्च

$$\begin{aligned} \therefore \text{बेलनका घनफल} &= \pi \times (1)^2 \times 5 \text{ घन इञ्च} \\ &= 3 \times 18 \times 5 \text{ घन इञ्च} \\ &= 54 \times 3 \text{ घन इञ्च} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{कुलका घनफल} &= 36 + 54 \times 3 \text{ घन इञ्च} \\ &= 162 \text{ घन इञ्च} \end{aligned}$$

अभ्यासार्थ प्रश्न—११

(१) एक लकड़ीकी बनी हुई छत-सूचीके आधारका व्यास १ फुट और बसकी ऊचाई ६ फुट है। यदि १ घनफुट लकड़ीकी तोल १२ सेर हो तो सूचीकी तोल क्या होगी ?

(२) एक खोसले गोलेका व्यास १४ इंच है और मोटाई १ इंच, इसमें कितने घन इंच धातु लागी हुई है ?

(३) एक नलाकार धवरहरा ६० हाथ उंचा और १० हाथ व्यासमें है। इसके सिरेपर एक अर्द्ध गोलाकार गुम्बद है, जिसका व्यास भी धवरहरके व्यासके बराबर है। उस धवरहरमें कितनी इंचा है ?

(४) एक ८ इंच व्यासका गोला एक खोसले बेलनमें ठीक अट जाता है और बेलनके सिरेके समतल रहता है, कितने पानीसे बेलनका छाती स्थान बिलकुल भर जायगा ?

(५) ८ सें० मी० लम्बे, ६ सें० मी० चौड़े और ५ सें० मी० मोटे ताम्बेके दुब्डेमें ३ सें० मी० व्यासवाला अर्द्ध-गोलाकार छेद कराया गया। खुल दुब्डेका कौनसा भाग निकल गया ?

(६) एक छत सूची, एक गोलाकार और एक बेलनके आधार और ऊचाई समान हैं। इनके घनफलका एक दूसरेसे क्या सम्बन्ध है ?

(७) एक शिवालय कुछ ऊचाईतक बेलनके आकारका बना हुआ है, धरके उपरका भाग छत सूचीके आकारका है। यदि छत सूचीकी ऊचाई कुल ऊचाईका $\frac{1}{3}$ हो और शिवालयकी गोलाई कुल ऊचाईका $\frac{1}{3}$ तो शिवालयका भीतर का आयतन क्या है, जब कि इसका व्यास ३ गज है ?

(८) पृथ्वीका व्यास ८००० मील है तो यह कितना स्थान घेरे हुए है ?

(९) एक छत-सूचीमेंसे, जिसके आधारका व्यास ५ इंच है और ऊचाई ८ इंच एक दूसरी छतसूची ३ इंच ऊची उपरसे निकाल ली गयी तो सूची

हुई छिन्न शिखा वृत्ति-सूचीका (the frustum of the cone) घनफल क्या होगा, यदि इसका ऊपरी व्यास $१\frac{१}{२}$ इंच हो ?

तिपहल और ऋजु-भुज-सूचीका घनफल

जिस प्रकार घेलेनके घनफल निकालनेका गुर निकाला गया है उसी भांति किसी (right prism) सम तिपहल, चौपहल, पंचपहल, षटपहल इत्यादिके घनफल निकालनेकी रीति समझायी जा सकती है, अर्थात् इन सबके किसी सिरके (आधार) क्षेत्रफलको दूसरे सिरके दूरीसे गुणा करो यही घनफल होगा।

इसकी सत्यता प्रयोग द्वारा यों जाचो। पहले नापकर आधारका क्षेत्रफल निकालो फिर ऊँचाई नापकर क्षेत्रफलको ऊँचाईसे गुणा करो।

नपना घटके द्वारा देखो कि उसके डुबानेसे कितना पानी ऊपर उठता है।

ऋजु भुज-सूचीके (pyramid) घनफल निकालनेका गुर—

$$\text{वृत्त-सूचीका घनफल} = \frac{1}{3} \times \pi r^2 \times u$$

जहाँ r वृत्तसूचीका व्यासार्द्ध है और u उसकी ऊँचाई।

$$\text{वृत्त सूचीके आधारका क्षेत्रफल} = \pi r^2$$

$$\text{वृत्त सूचीका घनफल} = \frac{1}{3} \times u \times \text{आधारका क्षेत्रफल}$$

ऋजु-भुज सूचीका आधार त्रिभुज, चतुर्भुज, पंचभुज इत्यादि होता है। इसलिये इसका घनफल $= \frac{1}{3} \times u \times \text{ऋजु-भुजके आधारका क्षेत्रफल}$ ।

प्रयोग २५—पतली काचरी नलीका व्यास नापना ।

नलीका एक मुँह मोम, काग या आचसे बन्द कर दो ।

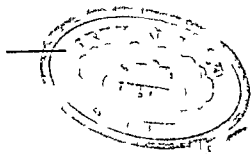
यदि आँचसे बन्द करो तो खूब ठडा करनेके बाद पानी छोडो । नलीमें दो चिह्न ३, ४ इंचकी दूरीपर बनाओ और इसको ठीक सीधा खडा करो ।

पहले नीचेवाले चिह्नतक पानी (व्यूस्टसे) भरो, व्यूस्टके जिस चिह्नपर पानी हो उसको नोट बुरुमें लिख लो । फिर बडी सावधानीसे दूसरे चिह्नतक पानी भरो और व्यूस्टमें पानी-तलके चिह्नको लिख लो । इन दोनोंका अन्तर उस पानीका घनफल होगा, जो नलीके दोना चिह्नोंके बीचमें अँटता है ।

इसी प्रकार तीन बार इन दोनों चिह्नोंके बीचका घनफल निकालो । इस घनफलको दोना चिह्नोंके बीचकी दूरीसे भाग देनेपर नलीके (Cross-section) मध्य च्छेदका क्षेत्रफल निकल आवेगा । फिर तो मध्य-च्छेदका व्यास निकालना कुछ कठिन नहीं है ।

प्रयोग २६—किसी पतले तारका व्यास नापना ।

एक मीटरके लगभग लम्बा तार लेकर उसकी लम्बाई सावधानीसे नाप लो । इसको मोडकर व्यूस्टमें छोडो और देखो कितना पानी हटता है । बाकी बातें प्रयोग २५ के अनुसार करो ।



६-मात्रा और भार

मात्राकी नाप

किसी वस्तुके पदार्थमात्रको उस वस्तुकी (mass) मात्रा कहते हैं। किसी वस्तुकी मात्रा कःनेसे उस वस्तुके पदार्थके परिमाणका बोध होता है। जब कहते हैं कि अगूठोंमें सोनेकी मात्रा कम है तब तात्पर्य्य यही होता है कि अगूठी जिस पदार्थकी बनी है वह अर्थात् सोना कम है।

जैसे लम्बाई, क्षेत्रफल, आयतन इत्यादिके नापनेकी इकाइयां होती हैं वैसे ही मात्राके नापनेकी इकाइया होती हैं। ब्रिटिश राज्यमें जहाँ लम्बाईकी इकाई बड़ी सावधानीसे रखी हुई है वही (unit of mass) मात्राकी इकाई भी रखी हुई है। यह सेटिमके एक टुकड़ेकी मात्रा है, जो एक विशेष तापक्रमपर बड़ी सावधानीसे रखा रहता है। इस इकाईका नाम (pound or lb) पौण्ड है। छोटी और बड़ी ब्रिटिश मात्राकी इकाइयोंका सम्बन्ध यह है —

१६ ड्राम	=	१ औंस
१६ औंस	=	१ पौंड
१४ पौंड	=	१ स्टोन

इत्यादि

मात्राकी मेट्रिक इकाईका (Metric unit of mass) नाम किलोग्राम (kilogram) है। यह सेटिमके एक टुकड़ेकी मात्रा है, जो बड़ी सावधानीसे एक विशेष तापक्रमपर रखा रहता है। इसकी मात्रा १००० घन सेंटीमीटर पानीकी मात्राके समान होती है, जब पानी एक विशेष तापक्रमपर हो।

किलोग्रामके हजारवें भागको ग्राम कहते हैं, इसलिये यह स्पष्ट है कि एक घन सेंटीमीटर पानीकी मात्रा उस विशेष तापक्रमपर एक ग्राम होती है। छोटी बड़ी इकाइयोंका सम्बन्ध यह है—

$$१ \text{ मिलीग्राम (milligram)} = \frac{१}{१०००} \text{ ग्राम वा } ००१ \text{ ग्राम}$$

$$१ \text{ सेंटीग्राम (centigram)} = \frac{१}{१००} \text{ ग्राम वा } ०१ \text{ ग्राम}$$

$$१ \text{ डेसीग्राम (decigram)} = \frac{१}{१०} \text{ ग्राम वा } १ \text{ ग्राम}$$

$$१ \text{ डीकाग्राम (Decigram)} = १० \text{ ग्राम}$$

$$१ \text{ डेन्टोग्राम (Hectogram)} = १०० \text{ ग्राम}$$

$$१ \text{ किलोग्राम (Kilogram)} = १००० \text{ ग्राम}$$

भारकी नाप

यह सभी जानते हैं कि जब कोई वस्तु ऊपरसे छोड़ दी जाती है तब वह पृथ्वीपर गिर पड़ती है अर्थात् उसको पृथ्वी खींच लेती है। जिस बलसे पृथ्वी किसी वस्तुको खींच लेती है उसको आकर्षण शक्ति (force of attraction) अथवा गुरुत्वाकर्षण (gravitation) कहते हैं। जितने बलसे पृथ्वी किसी वस्तुको अपनी ओर अथवा अपने केन्द्रकी ओर खींचती है उसको उस वस्तुका भार कहते हैं। जो वस्तु किसी दूसरी वस्तुपर ठहरी हुई है उसमें भी भार होता है, अर्थात् उसको भी पृथ्वी खींच रही है। उसके न गिरनेका कारण वह दूसरी वस्तु है, जो उसको धामे हुए है, जिस कारण वह स्थिर दबी जा रही है। उदाहरणार्थ, जब कोई वस्तु

हथेलीपर रखते हो तब वह हथेलीको दबाती हुई मालूम होती है। दबानेका कारण इसके अतिरिक्त और कुछ नहीं है कि पृथ्वी उसको खींच रही है और हथेलीपर वस्तुके धमके रहनेका कारण इसके अतिरिक्त और कुछ नहीं है कि हाथका बल पृथ्वीकी आकर्षण शक्तके प्रतिकूल लगकर उसको गिरने से रोक देता है।

यह याद रखना चाहिये कि किसी वस्तुकी मात्रा और उसके भारमें बहुत अन्तर होता है। मात्रा उस वस्तुका पदार्थमात्र है, परन्तु भार वह शक्ति है जिससे वह वस्तु पृथ्वीकी ओर खिंची जाती है। वस्तुकी मात्रा एकसी बनी रहनेपर भी उसके भारमें कमी वेशी हो सकती है। पृथ्वीतलसे ऊपर ज्यों ज्यों चढ़ते जाओ त्यों त्यों वस्तुओंका भार कम होता जाता है अर्थात् जब वस्तु पृथ्वीके केन्द्रके पास रहती है तब उसका भार अधिक रहता है और दूर रहनेसे कम, यद्यपि मात्रामें कोई अन्तर नहीं आने पाता। पृथ्वी सामान गोलाकार नहीं है, चरन् उत्तरी या दक्षिणी ध्रुवके जितने ही पास जाओ उतना ही केन्द्र भी पास होता जाता है, इसलिए वही वस्तु ज्यों ज्यों ध्रुवोंके पास होती जाती है, उसका भार अधिक होने लगता है।

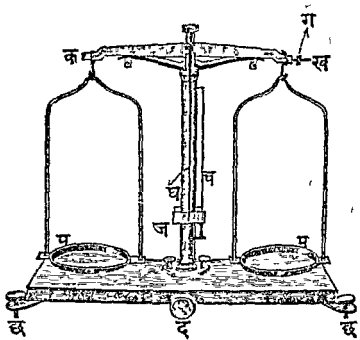
भार नापनेकी इकाइयां पैण्डका तोल किलोग्रामकी तोल, ग्रामकी तोल आदि ह। जितने बलसे एक पैण्डकी मात्रा आकर्षित होती है उतने बलको पैण्ड-भार और जितने बलसे किलोग्रामकी मात्रा आकर्षित होती है उसको किलोग्राम-भार कहते हैं। इसी तरह भारकी और इकाइयोंका भी सम्यन्ध है।

मात्राका नापना

किसी वस्तुकी मात्रा जाननेके लिए यह देखते हैं कि उसपर पृथ्वीकी आकर्षण शक्ति कितना काम कर रही है अर्थात् उस वस्तुका भार क्या है। किलोग्रामका जितना भार होता है उतना ही भार यदि किसी वस्तुका हो तो उस वस्तुकी मात्राको एक किलोग्राम समझना चाहिये, वा यदि किसी वस्तुका भार एक पौण्ड मात्रा के भार के समान हो तो उस वस्तु की मात्रा एक पौण्ड समझना चाहिये, इत्यादि। जिन विशेष मात्राओंसे किसी वस्तुकी मात्रा नापते हैं उनको वाट कहते हैं और मात्रा नापनेकी क्रियाको तोलना कहते हैं, क्योंकि इस क्रियामें किसी वस्तुकी एक घात मात्राके भारसे तुलना की जाती है। इसीलिए किसी वस्तुके भारको उस वस्तुकी तोल कहते हैं, जिसका तात्पर्य्य यह है कि वह वस्तु उस घात पदार्थके भारसे तुलती है।

तोलनेके लिए जिस सामग्री विशेषकी आवश्यकता पडती है उसको तुला, तराजू (balance) वा कांटा कहते हैं। तुला दो प्रकारके होते हैं, जो दो भिन्न सिद्धान्तोंपर बनाये जाते हैं। साधारण तुला अर्थात् तराजूमें एक तुलादंड (beam) होता है जिसे बीचों बीच धामनेके लिए सुमेरु बना रहता है, इसी जगहसे तुलादंड घूमता है, और दो पलडे घूमनेके स्थानसे समान दूरीपर इधर उधर लटकते रहते हैं। इसका सिद्धान्त यह है जब तुलादंड बीचों बीचसे लटकाया जानेपर धरातलके समानान्तर हो जाय तब मध्यसे समान दूरीपर समान मात्राकी वस्तुओं के लटकानेसे भी वह धरातल के समानान्तर रहता है। यह समान दूरी जितनी ही सूक्ष्मतापूर्वक शुद्ध हो उतनी ही शुद्धता तोलनेमें होती है। वैज्ञानिक प्रयोगोंमें राईसे

भी अत्यन्त छोटी वस्तुओंके तोलनेका काम पड़ता है, इसलिए वैज्ञानिक तुला बहुत घारीकीके साथ बनाये जाते हैं और इनका दाम भी बहुत होता है। प्रारम्भिक विज्ञान संस्थानोंमें एक साधारण तुला काममें लाया जा सकता है। (देखो चित्र २४)



चित्र २४

इसमें तुला-दंड पीतलका होता है, जो मध्य रेखापर बहुत कड़े लोहे या दुधिया पत्थरकी (agate) बनी हुई छुरीकी धारके सहारे वैसे ही कड़े लोहे या पत्थरके तलपर उठरा रहता है। यह पत्थरका तल बीचवाले (pillar) स्तभपर रहता है इस मध्य रेखासे समान दूरीपर तुलादंडके दोनों किनारोंपर उसी प्रकारकी छुरीके खंड ऊपरकी ओर धार किये हुये जड़े रहते हैं। इन्हींपर पलडोंको लटकानेवाले

लटकन कटियाके सहारे रखे रहते हैं। कटियाके ऊपरी भागपर एक खुली हुई नाली होती है, जिसका मध्य-च्छेद पेसा (A) होता है। इसीके द्वारा छुरीकी धारपर कटिया और कटिया के थमे हुये पलडे लटका करते हैं। तुलादडके मध्यसे एक काँटा नीचेकी ओर लटका रहता है, जो स्तभपर हाथीदाँतके बने हुये स्केलपर इधरसे उधर घूमता है। जब यह काटा स्केलके मध्य चिन्हपर रहता है तब तुलादड धरातलके समानान्तर समझा जाता है। तोलनेकी तारीकी इसी काटेके कारण और भी अधिक हो जाती है, इसलिए अच्छी तुलाको प्राय काँटा भी कहते हैं। सुनार अपनी तराजूको काँटा ही कहता है। जब तोल चुकते हैं, तुलादडको एक पेचके सहारे उतार देते हैं, जिसमें छुरीकी धार तुलादडके हिलने जुलनेसे जल्दी घिस न जाय, क्योंकि इन्हीं धारोंके शुद्ध रहनेसे मध्य रेखासे पलडोंकी दूरीकी समानता शुद्ध रह सकती है।

प्रयोग २७—तुलाके अङ्गोंको जाच।

'द' दस्तेको दाहिनी ओर घुमानेसे तुलादड उठ जाता है और पलडे धारोंपर लटकने लगते हैं। देखो 'घ' काँटा 'ज' स्केलपर मध्यचिन्हके इधर उधर समान दूरीपर आता जाता है। काँटा मध्य चिन्हसे जिस ओर अधिक जाता है उसी ओरका पलडा हटका होता है। दूसरे पलडेको भी इसीके समान करनेकेलिए उसी किनारेवाले (स्कू SLOW) पेचको भीतरकी ओर खसका देते हैं। ऐसे पेच (द्विपरी या स्कू) किसी तुलादडके दोनों किनारोंपर और किसीके एक ही किनारेपर होते हैं। चित्रमें केवल एक ही किनारेपर ऐसा पेच 'ग' दिखाया गया है। जिधरका पलडा हलका हो

उन्नी तरफके पेंचको बाहरकी ओर खसका देने अथवा उसके दूसरे किनारेवाले पेंचको भीतरकी ओर खसका देनेसे चट पलडा ठीक हो जायगा। (देखो चित्र २४)

तुलादंड धरातलके समानान्तर उसी समय हां समता है, जब इसको थामनेवाला स्तभ बिल्कुल सीधा खड़ा हो और स्तभका सीधा खड़ा होना उसी समय संभव है जब अक्षका आधार धरातलके समानान्तर हां। इसकी शुद्धताकी जाँच डोरेसे लटकी हुई सूची या साहुलसे की जाती है। इसकी नोक नीचेवाली सूचीकी नोकसे मिली हो तो शुद्ध समझना चाहिये। यदि ऐसा न हो तो आधारके नीचे लगे हुए पेंचों 'छ', 'छ' का ऊपर नीचे करनेसे नोक मिलायी जा सकती है।

तोलनेके बांट—तोलनेके लिए बांटोंकी आवश्यकता पड़ती है। इसलिए आवश्यक बांट (weight box) बांट बक्समें प्रत्येक तुलाके पास रखे रहते हैं। बांट बक्समें साधारणतः यह बांट रहते हैं—

(१) १०० ग्राम, ५० ग्राम, २० ग्राम, २० ग्राम, १० ग्राम, ५ ग्राम, २ ग्राम, २ ग्राम और १ ग्राम।

(२) ५०० मि० ग्राम, (० ५ ग्राम), २०० मि० ग्राम (० २ ग्राम), २०० मि० ग्राम (० २ ग्राम), १०० मि० ग्राम (० १ ग्राम), ५० मि० ग्राम (० ०५ ग्राम), २० मि० ग्राम (० ०२ ग्राम), २० मि० ग्राम (० ०२ ग्राम), १० मि० ग्राम (० ०१ ग्राम)

इन बांटोंसे कोई वस्तु, जिसका भार १० ग्राम और २१११ ग्रामके बीचमें है, तोली जा सकती है। प्रत्येक बांट बक्समें एक चिमटी रखी रहती है, जिससे बांट उठाते

हैं। बाँटोंको हाथसे कभी न छूना चाहिये, क्योंकि हाथकी चिफनाइट अथवा और किसी गन्दगीसे बाँट बिगड जाते हैं और उनकी तोलमें अन्तर पड जाता है।

तोलनेकी विधि यह है कि जिस वस्तुकी तोल ज्ञाननी हे उसे बाएँ पलडेपर वीचींरीच रखो और अपने दाहिने हाथवाले पलडेपर पहले सबसे बडा बाट रखो, बाँटों बाईं ओरको जाने लगे तो समझना चाहिये कि बाट बहुत बडा है। इसको उठाकर बक्समें उसके नियत स्थानपर रखो और उसके बादवाले छोटे बाँटको पलडेपर रखो। यदि अर भी बाटका भार अधिक हो तो उससे छोटे बाँटको रखो, इत्यादि। सदैम बडे बाँटको पहले रखो, फिर उसके छोटे और औरोंसे बडेको, कभी ऐसा न करो कि जब बडा बाट बहुत भारी हो तब उससे बहुत छोटा बाँट रखा। ऐसा करनेमें बहुत देर लगेगी तब कहीं तोल सकोगे। जब इतने बाँट रख चुको, जिनसे फाटा स्केलके मध्य चिह्नकी दोनों तरफमें बराबर दूरीतक घूमे तब बाट-बक्समें उन स्थानों-को देखो जहाँसे बाट हटाये गये हैं। खाली स्थानोंसे हटाये हुए बाँटोंका योगफल निकाल लो। यही उस तुलनेवाली वस्तुकी तोल है। अब पलडेसे उठाकर बाट-बक्समें बाँटोंको उनके नियत स्थानमें रखते समय भी उनको जोड़ते जाया, और मिलाओ। देखो, पहला जोड ठीक है या नहीं। इससे दुबारा जाँच हो जायगी।

तोलनेके समय इन बातोंका ध्यान रखो,—

१—लटकी हुई सूचीसे जाँचो कि तुला समानान्तर धरा-
रूपपर है या नहीं।

२—दस्तेको दाहिनी ओर घुमाकर देखो, काँटा स्केलके मध्य चिह्नकी दोनों दिशाओंमें बराबर घूमता है या नहीं। यह दोनों बातें ठीक न हों तो शिक्कसे ठीक करालो।

३—जो वस्तु तोलनी है वह बहुत गरम न हो, और न भीगी ही हो। भीगी होनेसे पलड़ा खराब हो जायगा और गरम होनेसे हवाके हल्के भाँके उठेंगे जिनसे तोलमें अन्तर पड़ जायगा और ठंडा होते हुए वह वस्तु हवासे नमी सोलकर कुछ भारी भी होती जायगी।

४—जो वस्तु तोलनी हो उसे सदैव बाएँ पलड़ेपर रखो और बाँटोंको दाहिने पलड़ेपर। यह सावधानीकेवल सुभीतेके लिए की जाती है। बाँटोंको बार बार उठाना पड़ता है और यह काम दाहिने हाथसे ही लोग करते हैं। इसलिए बाट-चकसको दाहिने हाथके पास होना चाहिये और उसीके पास वाला पलड़ा अर्थात् दाहिना पलड़ा भी बाँटोंके लिए प्रयोग करनेमें जल्दी होती है।

५—पलड़ेपर कोई वस्तु या बाँट उसी समय रखो जब तुलादंड स्तम्भपर ठहरा हुआ हो। यदि तुलादंड टेंगा हुआ हो तो कदापि पलड़ेको न छूओ और न उसपर कोई वस्तु रखो, क्योंकि ऐसा करनेसे तुलादंडका भारी सिरा एक-द्वारगी झुक जाता है और बड़े जोरका शब्द होता है। भाँके के कारण छुरीकी धारोंपर घड़ी चोट लगती है, जिससे यह घिस जाती है और तुलाकुछ दिनमें निकम्मा हो जाता है। इसलिए जब कोई बाट पलड़ेपरसे हटाना हो या पलड़ेपर रखना हो, दस्तेको बाईं ओर घुमाकर तुलादंडको स्थिर कर दो तब हटाने और रखनेका काम करो। आरम्भसे ही अभ्यास इस बातका करना चाहिये कि बायाँ हाथ दस्तेपर

रहे और दाहिना हाथ चिमटी लिए हुए बांटोंके हटाने और रखने पर। जब बांट भारी जान पड़े तुरन्त बाएँ हाथसे दस्तेको घुमाओ, बांट हटाओ, दूसरा बांट रफ़ो और दस्तेको दाहिनी ओर घुमाओ, इस तरह बड़ी फ़ुरती होती है।

६—दस्तेको घुमाते समय कांटा मध्य चिह्नके पास रहता है तब कोई शब्द नहीं होता, परन्तु यदि वह एक किनारे हो तो भी शब्द होना है और छुरीकी धारें रगड़ खा जाती हैं।

७—किसी वस्तुकी अन्तिम तोल लेते समय तुलाका ढकना बन्द नर दो कि हवाके कारण कांटा हिलता ही न रह जाय। अच्छी तुला चक्कोंमें बन्द रहा करती है।

८—जब तोल चुको, बांटोंको उचित स्थानपर रखो।

९—बांटोंको बेचपर, अथवा तुलाके आधारपर कभी मत रखो।

प्रयोग २८—श्रीस और ग्रामका सम्बन्ध निश्चयना।

१ श्रीस—बांटको बाएँ पलडेपर रखो और देखो, कितने ग्राम बाटसे यह तुल जाता है। इसी प्रकार २ श्रीस-बाट,

श्रीस	ग्राम	प्रति श्रीस ग्रामोंका अङ्क
	श्रीसत	

२—दस्तेको दाहिनी ओर घुमाकर देखो, कौटा स्केलेके मध्य चिह्नकी दोनों दिशाओंमें बराबर घूमता है, या नहीं। यह दोनों बातें ठीक न हों तो शिक्तकसे ठीक करा लो।

३—जो वस्तु तोलनी है वह बहुत गरम न हो, और न भीगी ही हो। भीगी होनेसे पलड़ा खराब हो जायगा और गरम होनेसे हवाके हल्के भाँके उठेंगे जिनसे तोलमें अन्तर पड़ जायगा और ठंडा होते हुए वह वस्तु हवासे नमी सोल कर कुछ भारी भी होती जायगी।

४—जो वस्तु तोलनी हो उसे सदैव बाएँ पलड़ेपर रखो और बाँटोंको दाहिने पलड़ेपर। यह सावधानीकेवल सुभीतेके लिए की जाती है। बाँटोंको बार बार उठाना पड़ता है और यह काम दाहिने हाथसे ही लोग करते हैं। इसलिए बाँट-बक्सको दाहिने हाथके पास होना चाहिये और उसीके पास-वाला पलड़ा अर्थात् दाहिना पलड़ा भी बाँटोंके लिए प्रयोग करनेमें जल्दी होती है।

५—पलड़ेपर कोई वस्तु या बाँट उसी समय रखो जब तुलादंड स्तम्भपर ठहरा हुआ हो। यदि तुलादंड टेंगा हुआ हो तो कदापि पलड़ेको न छूओ और न उसपर कोई वस्तु रखो, क्योंकि ऐसा करनेसे तुलादंडका भारी सिरा एक-द्वारगी झुक जाता है और बड़े जोरका शब्द होता है। भाँके के कारण छुरीकी धारोंपर बड़ी चोट लगती है, जिससे यह घिस जाती है और तुलाकुछ दिनमें निकम्मा हो जाता है। इसलिए जब कोई बाँट पलड़ेपरसे हटाना हो या पलड़ेपर रखना हो, दस्तेको बाईं ओर घुमाकर तुलादंडको स्थिर कर दो तब हटाने और रखनेका काम करो। आरम्भसे ही अभ्यास इस बातका करना चाहिये कि बायाँ हाथ दस्तेपर

रहे और दाहिना हाथ चिमटी लिए हुए बांटोंके हटाने और रखने पर । जब बांट भारी जान पड़े तुरन्त बाएँ हाथसे दस्तेको घुमाओ, बांट हटाओ, दूसरा बांट रखो और दस्तेको दाहिनी ओर घुमाओ, इस तरह बड़ी फुरती होती है ।

६—दस्तेको घुमाते समय कांटा मध्य चिह्नके पास रहता है तब कोई शब्द नहीं होता, परन्तु यदि वह एक किनारे हो तो भी शब्द होता है और छुरीकी धारें रगड़ खा जाती हैं ।

७—किसी वस्तुकी अन्तिम तोल लेते समय तुलाका ढरुना बन्द कर दो कि हवाके कारण कांटा हिलता ही न रह जाय । अच्छी तुला बक्खसोंमें बन्द रहा करती है ।

८—जब तोल चुको, बांटोंको उचित स्थानपर रखो ।

९—बांटोंको बेचपर, अथवा तुलाके आधारपर कभी मत रखो ।

प्रयोग २८—औंस और ग्रामका सम्बन्ध निकानना ।

१ औंस-बांटको बाएँ पलडेपर रखो और देखो कितने ग्राम-बांटसे यह तुल जाता है । इसी प्रकार २ औंस-बांट,

औंस	ग्राम	प्रति औंस ग्रामोंका अङ्क
औंसत		

½ औंस घांट, ¼ औंस घांटकी तोल ग्रामोंमें निकालो। फिर देखो १ औंस भार कितने ग्राम भारके समान होता है। सबकी औंसत निकालो। प्रयोग फलपृष्ठ २७ परकेसे खाने बनाकर लिखो।

प्रयोग २६—एक घन सेंटीमीटर पानीकी तोल निकालना।

पहले एक बीकरको तोलो। यदि स्वच्छ न हो तो खूब धोकर कमसे कम बाहरी तलको अच्छी तरह पोंछ कर सुखा लो, तब तोलो। ब्यूस्टने ३०, ४० वा ४५ घन सेंटीमीटर पानी बीकरमें छोड़ो और तोलो। पानी सहित बीकरकी जो तोल हो उसमेंसे अकेले बीकरकी तोल घटा दोगे तो पानीकी तोल निकल आयेगी। फिर एक घन सेंटीमीटर पानीकी तोल निकाल लो।

नोट—एक घन सेंटीमीटर पानीकी तोल जाननेकेलिए एक ही घन सेंटीमीटर पानी नापकर कभी मत तोलो, क्योंकि नापनेमें तनिकसी भी अशुद्धि हो जानेसे उत्तरमें बहुत अशुद्धि हो जाती है। परन्तु यदि वह अशुद्धि ३० वा ४० घन सेंटीमीटर पानीके साथ हुई तो उत्तर ठीक होता है। इसका कारण पहले बतलाया जा चुका है।

यों लिखो—

पानी सहित बीकरकी तोल = .. .	ग्राम
केवल " " =	ग्राम
पानी की तोल = .	ग्राम
ब्यूस्टका दूसरा चिह्न =	घ०सें०मी०
" पहला चिह्न = ..	घ०सें०मी०
लिये हुए पानीका घनफल=	घ०सें०मी०

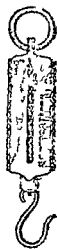
एक घन सें० मी० पानीकी तोल = $\frac{\text{पानीकी तोल}}{\text{पानीका घनफल}} =$ ग्राम

तीन बार भिन्न भिन्न घनफलका पानी लेकर तो लो और एक घन सेंटीमीटर पानीकी औसत तोल निकालो । खाने खींचकर लिपनेमें अधिक सुभीता होगा । यों लिखो—

प्यूरट का दूसरा चिह्न	न्यूरटका परका चिन्ह	पानीका घनफल	चीकर और पानीकी तोल	चीकरकी तोल	पानीकी तोल	एकघनसे० मी० पानीकी तोल
औसत						

प्रयोग करनेमें सावधानीकी गयी होती तो १ घ० से० मी० पानी तोलमें १ ग्रामके लगभग होगा।

दूसरे प्रकारकी साधारण तुला चित्र २५ में दिखायी गयी है । इसमें एक तारका सर्पिल † (spiral) होता है, जिसके नीचेमाले सिरेपर कटिया होती है और ऊपरवाले सिरेपर एक छल्ला । नीचेवाले सिरेसे लगा हुआ एक कांटा (pointer) होता है जो सर्पिलके बढनेसे नीचे उतरता है और निकुडनेसे ऊपर चढ जाता है । सर्पिलके लगे हुआ एक स्केल होता है जिसपर चिह्न बने रहते हैं और इन्हीं चिह्नोंके पास श्रक खुदे रहते हैं ।



चित्र २५

†—किसी पतले तारके एक भिरेको पकडकर दूसरे हाथसे किसी पन्सिलके चारों ओर लपेटनेसे तारका जो रूप बन जाता है उसको सर्पिल (spiral) कहते हैं ।

३/४ औंस घांट, १/४ औंस-घांटकी तोल ग्रामोंमें निकालो। फिर देखो १/४ औंस भार कितने ग्राम-भारके समान होता है। सबकी औंसत निकालो। प्रयोग फलपृष्ठ २७ परकेसे खाने बनाकर लिखो।

प्रयोग २६—एक घन सेंटीमीटर पानीकी तोल निकालना।

पहले एक बीकरको तोलो। यदि स्वच्छ न हो तो खूब धोकर कमसे कम बाहरी तलको अच्छी तरह पोंछ कर सुखा लो, तब तोलो। ब्यूस्टने ३०, ४० या ४५ घन-सेंटीमीटर पानी बीकरमें छोड़ो और तोलो। पानी सहित बीकरकी जो तोल हो उसमेंसे अकेले बीकरकी तोल घटा दोगे तो पानीकी तोल निकल आयेगी। फिर एक घन सेंटीमीटर पानीकी तोल निकाल लो।

नोट—एक घन सेंटीमीटर पानीकी तोल जाननेकेलिए एक ही घन सेंटीमीटर पानी नापकर कभी मत तोलो, क्योंकि नापनेमें तनिकसी भी अशुद्धि हो जानेसे उत्तरमें बहुत अशुद्धि हो जाती है। परन्तु यदि वह अशुद्धि ३० वा ४० घन सेंटीमीटर पानीके साथ हुई तो उत्तर ठीक होता है। इसका कारण पहले बतलाया जा चुका है।

यों लिखो—

पानी सहित बीकरकी तोल = .. .	ग्राम
केवल " " =	ग्राम
∴ पानी की तोल =	ग्राम
ब्यूस्टका दूसरा बिंदु =	घ०सें०मी०
" पहला बिंदु =	घ०सें०मी०
लिये हुए पानीका घनफल =	घ०सें०मी०

एक घन सें० मी० पानीकी तोल = $\frac{\text{पानीकी तोल}}{\text{पानीका घनफल}} =$ ग्राम

होता इसलिए यदि ऐसी तुला ध्रुवके पास बनायी जाय जहाँ आकर्षण शक्तिकी अधिकतासे सर्पिल अधिक बढ़ता है और विषुवत् रेखापर (equator) काममें लायी जाय तो कुछ अधिक मात्रा रखनेपर काटा उचित चिह्नपर आवेगा अथवा यों समझो कि किसी वस्तुके लटकानेसे कांटा १ सेरके चिह्नपर पहुँचता है, यदि उसी वस्तुको लटकाये हुए वह तुला ५ मील पृथ्वीतलसे ऊपर ले जायी जाय तो चिन्चावके कम हो जानेसे भार कम हो जायगा और सर्पिल कुछ सिकुड़ जायगा, जिससे काटा १ सेरके चिह्नसे कुछ ऊपर चढ़ जायगा।

अभ्यासार्थ प्रश्न-१२

१—किसी वस्तुकी मात्रा और इसके भारसे क्या सम्बन्ध है ?

२—किसी प्रयोग वा सामग्रीके द्वारा यह पतलाया जा सकता है कि मात्रा वही रहनेपर भी भारमें न्यूनाधिकता हो सकती है ?

३—कश्मीरमें कोई वस्तु कमानीदार तुलाके द्वारा तोलकर लरीदी जाय तो (१) लन्दन और (२) मदरासमें क्या उसकी तोल उतनी ही ठहरेगी ? अपने उत्तरका कारण भी लिखो।

४—साधारण तुला बनानेमें जिन बातों पर ध्यान देना पड़ता है ?

५—तुलाको प्रायः काटा कहते हैं, इसका कारण लिखो।

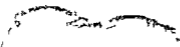
६—किसी बर्तनका आयतन तोलकर कैसे निकालोगे ?

७—एक चोतलकी तोल ३५ ग्राम है। मुहतरफ़ पानी भर देनेपर कुल तोलमें ६८ ग्राम होता है तो चोतलका आयतन कितना है ?

८—ऊपरकी चोतलमें यदि शराब भर दी जाय तो कुल तोलमें कितनी ठहरेगी, यदि एक घन सेंटीमीटर शराबकी तोल ०.८५ ग्राम हो ?

९—एक स्टोनमें कितने किलोमीटर होते हैं ?

१०—लकड़ीका एक टैदा मेड़ा टुकड़ा और उसीका एक आयताकार टुकड़ा दिया जाय तो टैदे मेड़े टुकड़ेका घनफल बिना किसी नपनेके कैसे निकालोगे ?



कांटा जिस चिह्नपर रहता है वही उस वस्तुके भारका अंश समझा जाता है, जो कटियामें लटकायी जाता है। चिह्नपर अङ्क लगानेकी रीति यह है—जिस समय कटियामें कोई वस्तु न लटकती हो, तो जिस स्थानपर कांटा हो वहा चिह्न बना कर शून्य लिख दो, जिसका तात्पर्य यह हुआ कि जब कांटा शून्यपर रहता है तब कटियामें कोई वस्तु नहीं लगी रहती। इसके पश्चात् १ ग्राम, २ ग्राम, ३ ग्राम ४ ग्राम इत्यादिकी मात्राएँ रखते जाओ और जहा जहा कांटा पहुँचे वहां वहा चिह्न बनाकर मात्राओंके भारका अङ्क लिख दो। यस (Spring Balance) कमानीदार तुला तैयार हो गयी। कटियासे इतना भार लटकाना चाहिये जिससे सर्पिल एक विशेष सीमासे अधिक न खिंच जाय, क्योंकि जब वह सोमासे अधिक खिंच जायगी तब भारके हटा लेनेपर भी कांटा शून्य स्थानपर नहीं पहुँचेगा और तुला ढाली पड़ जायगी।

इसी प्रकार पौंड, औंस नापनेकी भी तुला बनायी जा सकती है। यह तुला इतनी छोटी होती है कि लोग इसको जेबमें भी रख सकते हैं। इसीलिए यह (pocket balance) जेब तराजू के नामसे भी प्रसिद्ध है।

कमानीदार तुलामें एक गुण यह होता है कि इससे मात्राकी नापके साथ साथ भार भी नापा जा सकता है। यह बात तुलादडवाली तुलासे नहीं परखी जा सकती, क्योंकि दडवाली तुलामें बाँटकी मात्रासे तोली जानेवाली वस्तुकी मात्राकी तुलना करते हैं, इसलिये जहां कहीं बाँटका भार कम होगा वहां वस्तुका भार भी उतना ही कम होगा। परन्तु जेबी तुलामें मात्राकी जांच उसके खिंचावको देखकर करते हैं और यह खिंचाव पृथ्वी-तलपर सर्वत्र एकसा नहीं

होता इसलिए यदि ऐसी तुला ध्रुवके पास बनायी जाय जहाँ आकर्षण शक्तिकी अधिकतासे सर्पिल अधिक बढ़ता है और विषुवत् रेखापर (equator) काममें लायी जाय तो कुछ अधिक मात्रा रखनेपर कांटा उचित चिह्नपर आवेगा अथवा यों समझो कि किसी वस्तुके लटकानेसे कांटा १ सेरके चिह्नपर पहुँचता है, यदि उसी वस्तुको लटकाये हुए वह तुला ५ मील पृथ्वीतलसे ऊपर ले जायी जाय तो पिँचावके कम हो जानेसे भार कम हो जायगा और सर्पिल कुछ सिकुड़ जायगा, जिससे कांटा १ सेरके चिह्नसे कुछ ऊपर चढ़ जायगा।

अभ्यासार्थ प्रश्न-१२

१—किसी वस्तुकी मात्रा और इसके भारसे क्या सम्बन्ध है ?

२—किसी प्रयोग वा सामग्रीके द्वारा यह बतलाया जा सकता है कि मात्रा वही रहनेपर भी भारमें न्यूनाधिकता हो सकती है ?

३—कश्मीरमें कोई वस्तु कमानीडार तुलाके द्वारा तोलकर रसीदी जाय तो (१) लन्दन और (२) मदरासमें क्या उसकी तौल उतनी ही ठहरेगी ? अपने उत्तरका कारण भी लिखो।

४—साधारण तुला बनानेमें जिन चार्ज पर ध्यान देना पड़ता है ?

५—तुलाको प्रायः कांटा कहते हैं, इसका कारण लिखो।

६—किसी वर्तनका आयतन तोलकर कैसे निरालोगे ?

७—एक चोतलकी तोल ३५ ग्राम है। मुहत्तक पानी भर देनेपर कुल तोलमें ६८ ग्राम होता है तो चोतलका आयतन कितना है ?

८—ऊपरकी चोतलमें यदि शराब भर दी जाय तो कुल तोल कितनी ठहरेगी, यदि एक घन सेंटीमीटर शराबकी तोल ०.८५ ग्राम हो ?

९—एक स्थानमें कितने किलोमीटर होते हैं ?

१०—लकड़ीका एक टेढ़ा मेढ़ा टुकड़ा और बसीका एक आयताकार टुकड़ा दिया जाय तो टेढ़े मेढ़े टुकड़ेका घनफल बिना किसी नापनेके कैसे निकालोगे ?

७-घनत्व

यह बहुधा सुना जाता है कि रुई, लकड़ी, अलुमिनियम इत्यादि हल्के होते हैं और सीसा, पारा, चांदी, सोना इत्यादि भारी। तात्पर्य यह कि जो पदार्थ हल्के होते हैं, मात्रा योड़ी होनेपर भी बहुत स्थान घेरते हैं, और जो भारी होते हैं बहुत कम स्थान घेरते हैं, अर्थात् उनके कण बहुत पास पास होते हैं। घना जगल, घनी बरतीके अर्थ क्या है? थोड़े ही स्थानमें जहां बहुत से वृक्ष हों घना जगल कहेंगे, और जिस बस्तीमें मनुष्य सख्या अधिक हो और स्थान कम, उसे घनी बस्ती कहते हैं। इसी तरह जो पदार्थ मात्रामें अधिक हो और स्थान कम घेरता हो उसे घना पदार्थ कहते हैं और पदार्थके इस गुण को घनत्व कहते हैं। परन्तु केवल इतना कह देनेसे कि यह पदार्थ घना है, उसके घनत्वका पूरा पता नहीं चलता, और वैज्ञानिक बातोंमें दुविधासे काम नहीं चलता। इसलिए पदार्थका घनत्व उसके एक विशेष आयतनकी मात्राको कहने लगे। इस विशेष आयतनका परिमाण घनफलकी कोई इकाई मानी जाती है। इकाइयोंके भिन्न होनेसे मात्राओंका भी भिन्न होना स्वाभाविक है। वैज्ञानिक कार्योंमें आयतनकी इकाई घन सेंटीमीटर है और मात्राकी इकाई ग्राम, इसलिए किसी पदार्थका घनत्व उस पदार्थके एक घन सेंटीमीटरकी मात्रा ग्रामोंमें समझी जाती है।

घनत्वकी परिभाषा अच्छी तरह समझ लेनेपर किसी पदार्थका घनत्व निकालना कुछ भी कठिन नहीं है। जिस पदार्थका घनत्व, निकालना हो उसको घनी हुई किसी वस्तुका तोलना और उसका आयतन निकालकर एक घन सेंटी-

मीटरकी मात्रा जानना वस इतना ही काम है। तोलने और आयतन मालूम करनेकी भिन्न भिन्न रीतिया पहले ही बत लायी जा चुकी हैं।

घनत्वकी परिभाषा इस तरह भी करते हैं—

किसी पदार्थका घनत्व = $\frac{\text{उस पदार्थकी वनी हुई किसी वस्तुकी मात्रा}}{\text{उसी वस्तुका आयतन}}$

पिछले अध्यायमें यह बतलाया गया है कि एक घन सेंटीमीटर पानीकी तोल १ ग्राम होती है और इसकी सत्यताकी जांच भी उन्तीसवें प्रयोगमें की गयी है, इसलिये कहा जा सकता है कि पानीका घात्व प्रति घन सेंटीमीटर एक ग्राम है जिसका तात्पर्य्य इसके अतिरिक्त और कुछ नहीं है कि एक घन सेंटीमीटर पानीकी तोल एक ग्राम है।

उदाहरण—(१) एक पीतलके टुकड़ेकी लम्बाई, चौड़ाई और ऊँचाई क्रमसे ५ सें० मी०, ४ सें० मी० और ३ सें० मी० हैं और उसकी तोल ५०४ ग्राम है तो उसका घनत्व क्या है ?

$$\begin{aligned} \text{टुकड़ेका आयतन} &= ५ \times ४ \times ३ \text{ घा सेंटीमीटर} \\ &= ६० \text{ घन सेंटीमीटर} \end{aligned}$$

$$\text{टुकड़ेकी मात्रा} = ५०४ \text{ ग्राम}$$

$$\therefore \text{पीतलका घनत्व} = \frac{५०४ \text{ ग्राम}}{६० \text{ घन सेंटीमीटर}} = ८ \text{ ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर}$$

(२) पहले उदाहरणमें दिये हुए पीतलके टुकड़ेसे पीतलका घनत्व ब्रिटिश मााम निकालो।

$$\text{प्रयोग २८ के अनुसार, १ औंस} = २८ \text{ ३५ ग्राम}$$

$$\text{प्रयोग २० के अनुसार, १ घा इंच} = १६ \text{ ३८ घन सेंटीमीटर}$$

$$\text{इसलिये ५०४ ग्राम} = \frac{५०४}{२८ \text{ ३५}} \text{ औंस}$$

$$\text{और ६० घा सें० मी०} = \frac{६०}{१६ \text{ ३८}} \text{ घन इंच}$$

$$\frac{५०४}{२८३५} \text{ श्रौंस}$$

$$\therefore \text{पीतलका घनत्व} = \frac{\quad}{\quad}$$

$$\frac{६०}{१६३८} \text{ घन इंच}$$

$$= ४८५३ \text{ श्रौंस प्रति घन इंच}$$

अभ्यासार्थ प्रश्न—१३

(१) ७५ घन सेंटीमीटर जस्तेकी तोल ५५० ग्राम है तो उसका घनत्व क्या है ?

(२) एक लकड़ीके घनका भुज ८ सेंटीमीटर है और उसकी तोल ५०० ग्राम है तो उसका घनत्व क्या होगा ?

(३) एक शीशीकी तोल १५ ग्राम है। २० घ० सें० मी० तेल छोड़नेसे शीशीकी तोल ३० ग्राम हो गयी। तेलका घनत्व बतलाओ।

(४) एक चादीकी जजीरकी तोल ३६ ४ ग्राम है। ब्यूटर्में पहले पानी तल १० घन सेंटीमीटरके चिन्हपर था, जजीरके छोड़ देनेपर जल सब हवाके बुलबुले छोड़ा दिये गये, पानी तल ६ ५ घ० सें० मी० के चिन्हपर पहुंच गया तो चादीका घनत्व क्या है ?

(५) ५० घन सें० मी० तारपीनके तेलकी तोल ४३ १ ग्राम है तो उसका घनत्व बतलाओ।

(६) एक बोतलकी तोल २५ ग्राम है। ७५ घ० सें० मी० द्रव बोतलमें भरकर तोला गया तो १०० ग्राम हुआ। यह कौनसा द्रव हो सकता है ?

किसी द्रवका घनत्व जाननेके लिए उस द्रवका आयतन नपना-घट, ब्यूट्र वा पिपेटसे निकाला जाता है। आयतन नापते समय यदि यह सामग्री स्वच्छ और सूखी हों तो किसी विशेष सावधानीकी आवश्यकता नहीं होती, परन्तु यदि यह अस्वच्छ हों तो पानीसे अथवा साबुन और पानीसे अवश्य धोना पडता है। ऐसी दशामें यह नपने जल्दी सूख

नहीं सकते, इसलिये दो तीन बार इनको उसी द्रवसे खघाल लेना चाहिये जिसका घनत्व निकालना हो। ऐसा करनेसे पानी निकल जाता है और द्रव शुद्धतापूर्वक नापा जा सकता है।

किसी पदार्थका घनत्व मालूम हो तो उससे घनी हुई किसी वस्तुकी मात्रा नापकर आयतन और आयतन नापकर मात्रा जानी जा सकती है, क्योंकि

किसी वस्तुका घनत्व = उस वस्तुकी मात्रा - उस वस्तुका आयतन

उस वस्तुकी मात्रा = वस्तुका घनत्व × वस्तुका आयतन

और उस वस्तुका आयतन = $\frac{\text{उस वस्तुकी मात्रा}}{\text{उस वस्तुका घनत्व}}$

उदाहरण (१)—एक ग्राम पारेका आयतन बतलाओ जब पारेका घनत्व प्रति घन सेंटीमीटर १३.५ ग्राम हो।

$$\text{घनत्व} = \frac{\text{मात्रा}}{\text{आयतन}}$$

$$१३.५ \text{ ग्राम} = \frac{१ \text{ ग्राम}}{१ \text{ ग्रामका आयतन}}$$

$$१ \text{ ग्राम पारेका आयतन} = \frac{१}{१३.५} \text{ घन सेंटीमीटर}$$

$$= ०.७४ \text{ घन सेंटीमीटर}$$

(२) एक लीटर ग्लिसरीनकी मात्रा क्या होगी, यदि ग्लिसरीनका घनत्व प्रति घ० सें० मी० १.२६ हो ?

ग्लिसरीनका घनत्व प्रति घन सेंटीमीटर = १.२६ ग्राम

१ घन सेंटीमीटर ग्लिसरीनकी मात्रा = १.२६ ग्राम

१ लीटर (१००० घ० सें० मी०) ग्लिसरीनकी मात्रा = १.२६ × १००० ग्राम
= १२६० ग्राम

अभ्यासार्थ प्रश्न—१४

(१) ८०० घन सेंटीमीटर तेलकी मात्रा बतलाओ, घनत्व ०.६ ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर है।

(२) ५० ग्राम दूधका आयतन क्या होगा? दूधका घनत्व प्रति घन सेंटीमीटर १.०३ ग्राम है।

(३) कितना घन सेंटीमीटर गंधकका तैलाव लिया जाय कि वही मात्रा २२२ ग्राम हो? इस तैलावका घनत्व प्रति घन सेंटीमीटर १.८५ ग्राम है।

(४) एक काचकी नलीकी तोल खाली रहनेपर १७ ग्राम है। पाल भरने जानेपर ४७ ग्राम हो जाती है। पारेका घनत्व १३.५ ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर है तो उस नलीमें कितना पानी भरा जा सकता है।

(५) चौथे प्रश्नवाली नलीकी लम्बाई १५ सेंटीमीटर हो तो वही भीतरी व्यास क्या होगा?

(६) ग्लेटिनमके एक पत्तेकी लम्बाई चौड़ाई क्रमसे ५७ सें० मी० और ३३ सें० मी० है। यदि उसकी तोल ३ ग्राम और घनत्व २१.५ ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर हो तो मोटाई क्या होगी?

८-आपेक्षिक घनत्व

पिछले अध्यायमें कहा जा चुका है कि किसी पदार्थका घनत्व उसके घनफलकी एक इकाईकी मात्राको कहते हैं और भिन्न भिन्न इकाइयोंमें लिखनेसे भिन्न भिन्न मात्राओंका बोध होता है। इसलिए घनत्वके साथ साथ आयतन और मात्राकी इकाइयोंका लिखना आवश्यक, पडता है? क्योंकि बिना इकाइयोंके लिखे दुविधा बनी रहती है। परन्तु इकाइयोंके लिखनेमें व्यर्थ समय नष्ट होता है, इसलिए ऐसा विचार किया गया है कि पदार्थोंका घनत्व लिखनेमें स्थानमें

उनका (Relative Density) आपेक्षिक घनत्व लिखा जाय तो इकाइयोंका झुंझट दूर हो जाय, अर्थात् यदि पदार्थोंके घनत्व की तुलना किसी ऐसे पदार्थसे की जाय जो आसानीसे सब वही शुद्ध मिल सके और उनके घनत्वका इसी विशेष पदार्थके घनत्वसे जो संबन्ध हो वही लिखा जाय तो कुछ भी कठिनाई नहीं रहती । इसी संबन्धको आपेक्षिक घनत्व कहते हैं । वह विशेष पदार्थ, जिसके घनत्वसे पदार्थोंके घनत्वकी तुलना की जाती है पानी है । यही बात थोड़ेमें यों लिखी जा सकती है ।

$$\text{पदार्थका आपेक्षिक घनत्व} = \frac{\text{पदार्थका घनत्व}}{\text{पानीका घनत्व}}$$

उदाहरणार्थ, तांबेका घनत्व प्रति घन सेंटीमीटर = ६ ग्राम है, इसलिए उसका आपेक्षिक घनत्व

$$= \frac{= ६ \text{ ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर}}{१ \text{ ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर}}$$

$$= ६$$

नोट १—पानीका घनत्व एक विशेष तापक्रमपर १ ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर है, और तापक्रमोंपर यह सदैव १ ग्रामसे कुछ कम होता है, परन्तु साधारण व्यवहारमें १ ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर समझना अनुचित नहीं है ।

नोट २—आपेक्षिक घनत्वमें कोई इकाई नहीं होती और जो प्रकृत आपेक्षिक घनत्वको सूचित करता है, उसी अङ्कके साथ “ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर” लिख देनेसे उसी पदार्थका घनत्व सूचित होने लगेगा ।

आपेक्षिक घनत्वको सूचित करनेवाला अङ्क यह भी सूचित करता है कि पदार्थ पानीसे उतना गुना भारी है अर्थात्

उसका गुरुत्व पानीके गुरुत्वसे उतना ही गुना अधिक है। इसीलिए आपेक्षिक घनत्वको विशिष्ट गुरुत्व (specific gravity) भी कहते हैं।

आपेक्षिक घनत्वकी परिभाषा दो तरह कही जाती है। एक तो वही जो ऊपर बतलायी जा चुकी है और दूसरी परिभाषा पहलीका ही एक दूसरा रूप है जो यों निकाली जाती है।

✓ किसी पदार्थका आपेक्षिक घनत्व = $\frac{\text{उस पदार्थका घनत्व}}{\text{पानीका घनत्व}}$

$$\begin{aligned} \text{किसी पदार्थका आ० घ०} &= \frac{1 \text{ घन सें० मी० पदार्थकी मात्रा}}{1 \text{ घन सें० मी० पानीकी मात्रा}} \\ &= \frac{k \times 1 \text{ घ० सें० मी० पदार्थकी मात्रा}}{k \times 1 \text{ घ० सें० मी० पानीकी मात्रा}} \end{aligned}$$

क्योंकि किसी भिन्नके अंश और हरको एक ही अंकसे गुणा करने पर भिन्नके मानमें कोई अन्तर नहीं पड़ता। यहाँ 'क' किसी अङ्कके स्थानमें व्यवहार किया गया है।

$$\begin{aligned} \text{उस पदार्थका आ० घ०} &= \frac{k \text{ घ० सें० मी० पदार्थकी मात्रा}}{k \text{ घ० सें० मी० पानीकी मात्रा}} \\ &= \frac{k \text{ घ० सें० मी० पदार्थकी मात्रा}}{\text{पानीके उतने ही घनफलकी मात्रा}} \\ &= \frac{\text{पदार्थकी वनी हुई किसी वस्तुकी मात्रा}}{\text{उतने ही आयतनवाले पानीकी मात्रा}} \end{aligned}$$

इसलिए दूसरी परिभाषा ये हुई—

किसी पदार्थकी मात्राको उतने ही आयतन वाले पानीकी मात्रामे भाग देनेपर जो गहक आता है वही उस पदार्थका आपेक्षिक घनत्व कहलाता है, जिसकी वह पदार्थ बनी हुई है।

इस परिभाषाके अनुसार आपेक्षिक घनत्वका निकालना सुलभ है, इसलिए वही मुख्य मानी जाती है और इसीसे काम भी अधिक लिया जाता है। परन्तु इसके घनत्वका कारण पहला ही संबन्ध है, इसलिए दोनोंको समझ रखना आवश्यक है।

यदि पदार्थोंका घनत्व दिया हुआ हो तो पहले ही गुणसे आपेक्षिक घनत्व निकालना अच्छा होता है, और स्थानोंमें दूसरा गुरु वर्ता जाता है।

उदाहरण—(१) चादीका घनत्व १०.५ ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर है तो चादीका आपेक्षिक घनत्व क्या है ?

$$\begin{aligned} \text{चादीका आपेक्षिक घनत्व} &= \frac{\text{चादीका घनत्व}}{\text{पानीका घनत्व}} \\ &= \frac{१०.५ \text{ ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर}}{१ \text{ ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर}} \\ &= १०.५ \end{aligned}$$

(२) २८५ घन सेंटीमीटर लकड़ीकी तोल १८० ग्राम है तो लकड़ीका आपेक्षिक घनत्व क्या है।

इस प्रश्नका उत्तर दृमरी परिभाषासे जल्दी निकलेगा।

२८५ घन सें. मी. लकड़ीकी तोल = १८० ग्राम

और २८५ घन सें. मी. पानीकी तोल = २८५ ग्राम

$$\begin{aligned} \text{लकड़ीका आपेक्षिक घनत्व} &= \frac{१८० \text{ ग्राम}}{२८५ \text{ ग्राम}} \\ &= ०.६३२ \end{aligned}$$

(३) यदि लोहेके एक टुकड़ेकी तोल ४७ ग्राम हो और आपेक्षिक घनत्व ७ = हो तो उस टुकड़ेका आयतन कितना है ?

$$\text{लोहेका आ० घ०} = \frac{\text{लोहेके टुकड़ेकी मात्रा}}{\text{उसी आयतन वाले पानीकी मात्रा}}$$

$$7 = \frac{47 \text{ ग्राम}}{\text{उसी आयतन वाले पानीकी मात्रा}}$$

$$\text{उसी आयतन वाले पानीकी मात्रा} = \frac{47 \text{ ग्राम}}{7}$$

= ६.७१ ग्रामके लगभग

परन्तु एक घन सेंटीमीटर पानीकी मात्रा = १ ग्राम

६.७१ ग्राम पानीका आयतन = ६.७१ घन सें० मी०

लोहेके टुकड़ेका आयतन = ६.७१ घन सें० मी०

आपेक्षिक घनत्व नापनेकी शीशी

मात्रा और आयतन नापनेके जितने नियम बतलाये गये हैं वह सब आपेक्षिक घनत्वके मालूम करनेके लिए प्रयोग किये जा सकते हैं और इनसे सभी पदार्थोंके आ० घ० जाने जा सकते हैं परन्तु थोड़े समयमें और अधिक शुद्धता पूर्वक ड्रवों और छोटी छोटी वस्तुओंका आ० घ०, आपेक्षिक घनत्व नापनेकी शशीसे निकाला जाता है। ऐसी शीशियोंमें २५, ५० वा १०० ग्राम तक शुद्ध पानी भर सकते हैं, जिसमें जितना शुद्ध पानी भरा जा सके वह मान लिखा रहता है और तापक्रम में घिसे हुए वडी है। किसी शशीसे हवा को दूर कर घ० को बहुत च

द्रव भरकर डाटको धीरेसे मुँहमें बैठा देते हैं, तब डाटसे हटा हुआ पानी इसी छेदके मार्गसे बाहर निकल पडता है। इस अवस्थामें जितना शुद्ध पानी उसमें भरा रहता है उसीकी मात्रा शीशीपर खुदे हुए मानको सूचित करती है। ऐसी एक शीशीका चित्र यहापर दिया जाता है (चित्र २६)।

प्रयोग ३०—स्पिरिटका आपेक्षिक घनत्व निकालना।

आपेक्षिक घनत्वके नापनेकी शीशी लेकर देखो स्वच्छ और सूखी है कि नहीं। यदि स्वच्छ न हो तो प्युव धोकर सुखा लो। जल्दीमें किसी बर्तनके सुखानेकी विधि यह है।



पेरकी धौंकनीकी लवी रबर नलीमें एक चित्र २६ कॉच-नली जिसकी लम्बाई एक फुटके लगभग हो लगा दो। जो सिरा रबर-नलीमें लगा हुआ हो उसको दाहिने हाथसे पकडकर कॉच नलीके मध्य भागको आचमें या लम्पकी लौमें बेलनकी तरह घुमाते हुए रजो और पैरसे धौंकनी चलाते जाओ, हवा मध्य भागसे होकर निकलेगी और कॉच की गर्मीसे गरम भी हो जायगी। काच-नलीके दूसरे सिरेको शीशी, फ्लास्क या बीकरके पेंदेतक कर दो, परन्तु पेंदा छू न जाय। इनको बाएँ हाथसे घुमाते जाओ, नहीं तो एक ही स्थानपर अधिक गरमी पहुचनेसे कॉच चटख जायगा। थोड़ी देरतक ऐसा करनेसे बर्तन बिलकुल सूख जायगा। सूखनेपर खुर ठडा करके डाट लगाओ और तोलो।

स्पिरिट भरो, डाट लगाओ और देखो शीशीमें हवाका एकाध बुलबुला तो नहीं है। यदि बुलबुला रह जाय तो डाट

निकालकर स्पिरिटसे शीशीको लवालाव भर दो और बड़ी सावधानीसे डाट रखो। बाहरी भाग सूब अच्छी तरह पोंछकर तोलो। दोनों तोलोंका अन्तर उस स्पिरिटकी तोल होगी जो शीशीमें भरी जा सकती है। तोलोंको इस तरह लिखो—

स्पिरिटसे भरी हुई आ० घ०की शीशीकी तोल = ग्राम
केवल " " तोल = ग्राम
शीशीमें अटनेवाली स्पिरिटकी तोल = ग्राम

इस तोलको उस पानीकी तोलसे भाग दो जो शीशीमें भरा जा सकता है। यदि शीशीमें यह लिखा हुआ है तो बहुत अच्छा है नहीं तो शुद्ध पानी उसी सावधानीसे भरकर उसको भी तोल निम्नात लो।

प्रयोग ३१—वाल्का आ० घ० निकालना।

शीशीको तोलकर उसमें आधेके लगभग साफ बालू भरो और तोलो।

थोडा थोडा शुद्ध पानी शीशीके भीतर बालूमें छोड़ो, जिसमें बालूके ऊपरतक पानी हो जाय। काँचके कलमसे बालूको सावधानीसे हिलाओ, जिससे बालूमें चिपटी हुई हवा सब निकल जाय पर कलम निकालते समय कोई बालूका वण बाहर न चला जाय। तब पानी भरकर डाट लगा दो और बाहर सूब पोंछ कर तोल डालो। तोलोंको इस तरह लिखो—

आ० घ० की शीशी और बालूकी तोल = .. ग्राम
" " शीशीकी तोल = ... ग्राम

ली हुई बालूकी तोल =	ग्राम
पानीसे भरी हुई शीशीकी तोल और बालूकी तोल =	ग्राम
बालू और पानीसे भरी हुई शीशीकी तोल =	ग्राम
बालूमे हटे हुए पानीकी तोल =	ग्राम
बालू का आ० घ० = $\frac{\text{बालूकी तोल}}{\text{बालूसे हटे हुए पानीकी तोल}}$	

प्रयोग ३२—तृतियाका आ० घ० निकालना ।

शीशीको तोलकर उसमें तृतियाके अच्छे और साफ छोटे छोटे रवे =, १० ग्रामके लगभग रखो और तोलो । दोनों तोलोंका अन्तर रवोंकी तोल होगी ।

रवोंको शीशीमेंसे बाहर न निकालो वरन् उसीके साथ या तो तृतिया का (saturated solution) सप्लुत घोल या और कोई द्रव जिसमें तोली हुई तृतिया घुल न सके भरो, डाट लगा दो और बाहरी भाग अच्छी तरह पोंछ कर तोलो । यह तृतिया और घोल वा द्रवसे भरी हुई शीशीकी तोल होगी ।

तृतिया और द्रवको निकाल डालो, दो तीन बार शीशीको स्वच्छ घोल या द्रवसे पंधाल डालो और फिर उसी घोल वा द्रवको शीशीमें भरकर तोल लो । तोलोंको इस तरह लिखो—

शीशी और तृतियाके रवोंकी तोल	=	ग्राम
केवल शीशीकी तोल	=	ग्राम

तृतियाके रवोंकी तोल = .. ग्राम
 द्रव वा घोलसे भरी हुई शीशीकी तोल = . ग्राम
 द्रव वा घोलसे भरी हुई शीशी और
 तृतियाके रवोंकी तोल = ग्राम
 तृतिया और द्रव वा घोलसे भरी हुई
 शीशीकी तोल = . ग्राम
 तृतियासे हटे हुए द्रव वा घोलकी तोल = ग्राम
 द्रव वा घोलसे भरी हुई शीशीकी तोल = . ग्राम
 केवल शीशीकी तोल = . ग्राम

शीशीमें भरे हुये द्रव वा घोलकी तोल = .. ग्राम
 शीशीमें भरे हुये पानीकी तोल शीशीपर खुदी हुई है।
 अराशिक द्वारा यह जाना जा सकता है कि जितना द्रव वा
 घोल तृतियासे हट जाता है उसके स्थानमें यदि पानी होना
 तो कितना हटता। वस इसी पानीकी तोलसे तृतियाकी
 तोलको भाग दे दो। भजनफल तृतियाका आपेक्षिक घनत्व
 होगा।

उदाहरण—(१) एक चूर्णका आ० घ० नीचे दी हुई तीनोंसे
 निकालो—शीशीकी तोल २५ ग्राम, शीशी और चूर्णकी तोल ४० ग्राम
 पानीसे भरी हुई शीशीकी तोल ५० ग्राम, और चूर्ण और पानीसे भरी हुई
 शीशीकी तोल ६३ ग्राम है।

शीशी और चूर्णकी तोल	= ४० ग्राम
शीशीकी तोल	= २५ ग्राम
तोल	ग्राम
भरी	ग्राम

चूर्णसे हटे हुए पानीकी तोन = २ ग्राम

$$\text{चूर्णका आपेक्षिक घनत्व} = \frac{१५ \text{ ग्राम}}{२ \text{ ग्राम}}$$

$$= ७.५$$

(२) एक ५० घ० सें० मी० की आ० घ०की शीशीके द्वारा नीचे लिखी हुई तोल मालूम की गई—

शीशीकी तोन = २० २५ ग्राम

मिखी और शीशीकी तोल = ४५ ७५ ग्राम

मिखी और अल्कोहल से भरी हुई शीशीका तोल = ७३ ७५ ग्राम

केवल अल्कोहलसे भरी हुई शीशीकी तोन = ६० २५ ग्राम

तो मिखीना आ० घ० निकालो ।

मिखी और शीशीकी तोल = ४५ ७५ ग्राम

शीशीकी तोल = २० २५ ग्राम

मिखीकी तोल = २५ ५० ग्राम

अल्कोहलसे भरी हुई शीशीकी तोल = ६० २५ ग्राम

अल्कोहलसे भरी हुई शीशी और मिखीकी तोल = ८५ ७५ ग्राम

अल्कोहल और मिखीसे भरी हुई शीशीकी तोल = ७३ ७५ ग्राम

मिखीमे हटे हुए अल्कोहलकी तोल = १२ ०० ग्राम

अल्कोहलसे भरी हुई शीशीकी तोन = ६० २५ ग्राम

शीशीकी तोल = २० २५ ग्राम

शीशीम भरे हुए अल्कोहलकी तोल = ४० ०० ग्राम

परन्तु शीशी ५० घ० सें० मी० की है,

इसलिए ४० ग्राम अल्कोहलका घनफल = ५० घ० सें० मी०

और १२ ग्राम " " = $\frac{१२ \times ५०}{४०}$

= १५ घ० सें० मी०

अर्थात् मिखीका घनफल = १५ घ० सें० मी०

वतने ही घनफल वाली पानीकी तोल = १५ ग्राम

$$\text{मिस्रीका आ० घ०} = \frac{२५ \times १० \text{ ग्राम}}{१५ \text{ ग्राम}}$$

$$= १०$$

अभ्यासार्थ प्रश्न-१५

(१) एक पदार्थका घनत्व ८६ ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर है तो इसका घनत्व प्रति घनफुट पौण्डोंमें क्या होगा ? (१ पौण्ड = ४५३ ग्राम, ३ इंच = २.५४ सें० मी०)

(२) एक आयताकार ठोसकी लम्बाई, चौड़ाई, और ऊँचाई क्रम से ३.५४ सेंटीमीटर, ३.२५ सें० मी० और २.८५ सें० मी० है। यदि उसका आ० घ० ७.३ हो तो उस ठोसकी तोल कितनी होगी ?

(३) एक लकड़ीके गोलेकी तोल २५ ग्राम है और उस लकड़ीका आपेक्षिक घनत्व ०.७५ है तो उस गोलेका व्यास क्या है ?

(४) एक तारके तारकी लम्बाई ३.५ मीटर, तोल १.५ ग्राम और आ० घ० ८.६ है तो तारकी मोटाई क्या है ?

(५) २०.५५ सें० मी० लम्बा ६.७५ सें० मी० चौड़ा स्टेडिनमका पत्र तोलमें ८.५४ ग्राम होता है तो उसकी मोटाई क्या होगी ? (स्टेडिनमका आ० घ० = २१.५)

(६) एक ५० घन सेंटीमीटर वाली शीशीकी तोल १८ ग्राम है। यदि १.५ ग्राम सफेद चालू रखकर शीशी पानीसे भर दी जाय तो शीशीकी तोल क्या होगी ? (चालूका आ० घ० = २.६)

(७) एक रूपयेकी तोल १८० ग्रेन है। यदि इसका आ० घ० १०.४ हो तो इतने ही आयतनवाले सोनेके एक टुकड़ेकी तोल क्या होगी ?

(८) सोनेकी एक जज़ीरकी तोल १०.५४ ग्राम है। व्यूरटमें डुबी होनेपर ७.५ घ० सें० मी० पानी और चढ़ जाता है, तो जज़ीरका सोना क्या है वा मिलावटी ? सोनेका आ० घ० १९.३ है।

(६) पानीसे भरी हुई आ० घ० की शीशीकी तोल ४४ ग्राम है । १० ग्राम लोहेका बुरादा रखकर शीशी फिर भर दी गयी तो कुल तोल ५२ ७ ग्राम ठहरेगी लोहेका आ० घ० क्या है ?

(१०) एक आ० घ० की शीशी तौलमें २७ ग्राम है । पानीसे भर देने पर तौलमें ७६*६२ ग्राम होती है । यदि अल्कोहल भरकर शीशी तौली जाय तो क्या ठहरेगी ? (अल्कोहलका आ० घ० = ८ ग्राम है)

(११) एक स्वच्छ द्रव पानी सा दीप्तता है । किन प्रयोगोंसे यह सिद्ध किया जा सकता है कि यह द्रव पानीके सिवाय और कुछ नहीं है ?

(१२) लकड़ीका एक टुकड़ा मेढ़ा छोटा टुकड़ा दिया जाय तो उसका आ० घ० कैसे निकालोगे ?

६-अर्कमीदिसका सिद्धान्त

लकड़ीका कोई टुकड़ा जब पानीमें कुछ ऊपरसे गिराया जाता है, पहले पानीके भीतर चला जाता है, थोड़ी ही देरमें पानी इसे ऊपर फेंक देता है और यह तैरने लगता है । लकड़ीके गिरने और पानीमें घुसनका कारण तो पृथ्वीकी आकर्षण शक्ति है परन्तु ऊपर फेंकनेका कारण पानी है । इस फेंकनेको 'उछाल' (upthrust) कहते हैं ।

तैरती हुई वस्तुपर आकर्षण शक्ति और पानीकी उछाल दोनों काम कर रहे हैं । परन्तु तैरती हुई वस्तु पानी तलपर थमी रहती है, इसलिये यह दोनों शक्तियाँ समान बल लगाती होंगी, जैसे एक वस्तुको जब दो मनुष्य एक दूसरेके प्रतिकूल समान बलसे खींच रहे हों तो वह वस्तु अपने स्थानपर स्थिर रहेगी और ज्योंही एकका बल दूसरेसे अधिक होगा त्योंही वह प्रबलकी ओर चल पड़ेगी ।

यह बहुधा देखनेमें आता है कि कोई तैरती वस्तु पानीमें अधिक डूबी रहती है और कोई कम । -यदि शीशम, साखू,

∴ वतने ही घनफल वाले पानीकी तोल = १५ ग्राम

$$\therefore \text{मिर्चीका आ० घ०} = \frac{२५ \times ५० \text{ ग्राम}}{१५ \text{ ग्राम}}$$

= १७

अभ्यासार्थ प्रश्न-१५

(१) एक पदार्थका घनत्व = ६ ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर है तो इसका घनत्व प्रति घनफुट पौण्डोंमें क्या होगा ? (१ पौण्ड = ४५३ ग्राम, १ इञ्च = २.५४ सें० मी०)

(२) एक आयताकार ठोसकी लम्बाई, चौड़ाई, और ऊँचाई क्रम से ३.५४ सेंटीमीटर, ३.२५ सें० मी० और २.८५ सें० मी० हैं। यदि उसका आ० घ० ७३ हो तो उस ठोसकी तोल कितनी होगी ?

(३) एक लकड़ीके गोलेकी तोल २५ ग्राम है और उस लकड़ीका आयतनिक घनत्व ०.७५ है तो उस गोलेका व्यास क्या है ?

(४) एक तारके तारकी लम्बाई ३.५ मीटर, तोल १.५ ग्राम और आ० घ० = ६ है तो तारकी मोटाई क्या है ?

(५) २०.५५ सें० मी० लम्बा ६.७५ सें० मी० चौड़ा हेक्टेनिमका पत्रा तोलमें = ५४ ग्राम होता है तो उसकी मोटाई क्या होगी ? (हेक्टेनिमका आ० घ० = २१.५)

(६) एक ५० घन सेंटीमीटर वाली शीशीकी तोल १८ ग्राम है। यदि १५ ग्राम सफेद चालू रखकर शीशी पानीसे भर दी जाय तो शीशीकी तोल क्या होगी ? (चालूका आ० घ० = २.६)

(७) एक रुपयेकी तोल १८० ग्राम है। यदि इसका आ० घ० १०.४ हो तो इतने ही आयतनवाले सोनेके एक टुकड़ेकी तोल क्या होगी ?

(८) सोनेकी एक जज़ीरकी तोल १०.५४ ग्राम है। व्यूरटमें हुनी बेनेपर ७.५ घ० सें० मी० पानी और चढ़ जाता है, तो जज़ीरका सोना शुद्ध है वा मिलावटी ? सोनेका आ० घ० १९.३ है।

पानीका तल प्राय समतल हो उसी जगहके चिन्हको लिख लेना चाहिये ।

नलीमें ४ घन सेंटीमीटर पानी और छोड़ कर देखो ' पानी कितना और चढ़ता है । इसी तरह तीन तीन वा चार चार घ० सें० मी० पानी छोड़ते जाओ और हटे हुए पानीका आयतन लिखते जाओ । जिस समय परख नलीमें पानी इतना हो जाय कि जरासा और छोड़नेपर वह विलकुल डूब जाय उस समय देखो पानी कितना हटा है ? परख नलीमें नपा हुआ पानी ध्यूरटसे छोड़ना चाहिये जिसमें शुद्धता भी हो और नापनेकी आसानी भी हो । फिर ये लिखो—

परख नली और पानीकी तोल	नपना-घटके पानी तलका पहला चिन्ह	नपना-घटके पानी तलका दूसरा चिन्ह	हटे हुए पानीका आयतन वा दूसरा चिन्ह — पहला चिन्ह	हटे हुए पानीकी तोल
(ग्राम)	(घ० सें० मी०)	(घ० सें० मी०)	(घ० सें० मी०)	(ग्राम)

यदि प्रयोग साधनीसे किया जायगा तो पहले कालम और अन्तिम कालमकी तोल लगभग समान होगी, जिससे यह सिद्ध हो जायगा कि तैरनेवाली वस्तु अपना तोलके समान पानी हटाती है अर्थात् तैरनेवाली वस्तुका उतना ही आयतन पानीके भीतर रहता है जितने आयतनवाले पानीकी तोल उस वस्तुकी तोलके समान हो । जिस समय परख-नली पानीके भर जानेसे डूबने लगेगी उस समय उसकी तोल सारी परख नलीसे हटे हुए पानीकी तोलके बराबर होगी ।

अधिक डूबी रहती है और कोई कम। यदि शीशम, साबू, नीम चमेली इत्यादिके सूखे टुकड़े पानीमें छोड़े जाँय तो भारी लकड़ीवाले टुकड़ेका अंश सबसे अधिक डूबा रहेगा और हलकी लकड़ीका बहुत सा अंश ऊपर रहेगा। इससे यह पता चलता है कि भारी वस्तु पानीमें अधिक डूबती है और हलकी कम। जो वस्तु अधिक डूबती है वह पानीको भी अधिक हटाती है। इसलिए तैरनेवाली वस्तुओंमें वही अधिक पानी हटाती है जो अधिक भारी होती है। यह बात नावपर चढ़ने वाले बहुत अच्छी तरह जानते हैं कि जब नावमें बहुत मनुष्य चढ़ जाते हैं तब वह बहुत डूब जातो है और ज्यों ज्यों लोग उतरने लगते हैं त्यों त्यों उतराती जाती है। इससे यह अनुमान होता है कि तैरती हुई चीजके भारीपन और उससे हटे हुए पानीके आयतनमें कुछ सम्बन्ध है। यह किसी प्रयोगमें जांचना चाहिये।

प्रयोग ३३—तैरती हुई वस्तुके भाग और उससे हटे हुए पानी का सम्बन्ध जानना।

एक लम्बी परख नली (test tube) लेकर तोलो और इसमें ४ घन सेंटीमीटर पानी रखकर, मुँहको पतले डोरेसे बांधकर १०० घन सेंटीमीटर वाले नपना घटमें लटकाओ। लटकानेके पहले घटमें ७०,८० घन सेंटीमीटर पानी भरकर पानी तलके चिन्हको लिखलो। जिस समय परख नली तैरने लगे, डोरेको छोड़ दो और देखो कि उसके तैरने से पानी कितना ऊपर चढ़ता है, अथवा हटता है। परख नली तैरती हुई घटके किनारे लग जाती है और दोनोंके बीचमें जरासा पानी बहुत चढ़ जाता है। इस चढ़े हुए पानी के तलका चिन्ह हटे हुए पानीका आयतन जाननेके लिए कभी मत लो। जिस जगह

$$\begin{aligned}
 \text{किसी ठोसका आ० घ०} &= \frac{\text{उस ठोसकी मात्रा}}{\text{उतने ही आयतनवाले पानीकी मात्रा}} \\
 &= \frac{\text{उस ठोसका भार}}{\text{उतने ही आयतनवाले पानीका भार}} \\
 &= \frac{\text{उस ठोसका भार}}{\text{उससे हटे हुए पानीका भार}} \\
 &= \frac{\text{उस ठोसका भार}}{\text{हटे हुए पानीकी ठोसपर उछाल}} \\
 &= \frac{\text{उस ठोसका भार}}{\text{पानीमें ठोसके भारकी कमी}} \quad (२)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{किसी द्रवका आपेक्षिक घनत्व} &= \frac{\text{द्रवका भार}}{\text{उतने ही आयतनवाले पानीका भार}} \\
 &= \frac{\text{किसी वस्तुसे हटे हुए द्रवका भार}}{\text{उसी वस्तुसे हटे हुए पानीका भार}} \\
 &= \frac{\text{वस्तुपर द्रवकी उछाल}}{\text{वस्तुपर पानीकी उछाल}} \\
 &= \frac{\text{द्रवमें वस्तुके भारकी कमी}}{\text{पानीमें वस्तुके भारकी कमी}} \quad (३)
 \end{aligned}$$

यह प्रकट है कि भारकी कमी तुलासे मालूम की जाती है और साधारण तुला द्वारा १० मिली ग्राम या ०१ ग्रामतक शुद्धता हो सकती है, इसलिए घनत्व, आपेक्षिक घनत्व और आयतनकी सख्याओंमें भी दशमलवके दो स्थानोंतक शुद्धता

वस्तुका भार हवामे	वस्तुका भार पानीमे	पानीमें भारकी कमी	पानीकी ऊपरी उछाल	वस्तुका आयतन वा वस्तुसे हटे हुए पानीका आयतन	वस्तुसे हटे हुए पानीका भार

चौथे और छठे कालमकी तोल बराबर होनी चाहिये। इसका सारांश यह हुआ—पानीकी ऊपरी उछाल हटे हुए पानीके भारके समान होती है। इसीको (Principle of Archimede-) अर्कमीदिसका सिद्धान्त कहते हैं। यह सिद्धान्त सभी द्रवोंके लिए ठीक उतरता है, इसलिए साधारणतः इसे यों लिखते हैं—

कोई वस्तु किसी द्रवमें पूरी डूबी हो वा थोड़ी, उसपर द्रवकी ऊपरी उछाल हटे हुए द्रवके भारके बराबर होती है।

इस सिद्धान्तके सहारे किसी ठोस वा द्रवके घनत्व, आपेक्षिक घनत्व, और आयतन बड़ी शुद्धता पूर्वक निकाले जा सकते हैं, क्योंकि

$$\text{किसी ठोसका घनत्व} = \frac{\text{उस ठोसकी मात्रा}}{\text{उस ठोसका आयतन}}$$

$$= \frac{\text{उस ठोसकी मात्रा}}{\text{उस ठोससे हटे हुए पानीका आयतन}} \quad (१)$$

परन्तु इस हटे हुए पानीका भार = ठोसपर पानीकी उछाल
= पानीमें ठोसकी तोलकी कमी

$$\begin{aligned}
 \text{किसी ठोसका आ० घ०} &= \frac{\text{उस ठोसकी मात्रा}}{\text{उतने ही आयतनवाले पानीकी मात्रा}} \\
 &= \frac{\text{उस ठोसका भार}}{\text{उतने ही आयतनवाले पानीका भार}} \\
 &= \frac{\text{उस ठोसका भार}}{\text{उससे हटे हुए पानीका भार}} \\
 &= \frac{\text{उस ठोसका भार}}{\text{हटे हुए पानीकी ठोसपर उछाल}} \\
 &= \frac{\text{उस ठोसका भार}}{\text{पानीमें ठोसके भारकी कमी}} \quad (२)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{किसी द्रवका आपेक्षिक घनत्व} &= \frac{\text{द्रवका भार}}{\text{उतने ही आयतनवाले पानीका भार}} \\
 &= \frac{\text{किसी वस्तुसे हटे हुए द्रवका भार}}{\text{उसी वस्तुसे हटे हुए पानीका भार}} \\
 &= \frac{\text{वस्तुपर द्रवकी उछाल}}{\text{वस्तुपर पानीकी उछाल}} \\
 &= \frac{\text{द्रवमें वस्तुके भारकी कमी}}{\text{पानीमें वस्तुके भारकी कमी}} \quad (३)
 \end{aligned}$$

यह प्रकट है कि भारकी कमी तुलासे मालूम की जाती है और साधारण तुला द्वारा १० मिली ग्राम या ०१ ग्रामतक शुद्धता हो सकती है, इसलिए घनत्व, आपेक्षिक घनत्व और आयतनकी सर्याओंमें भी दशमलवके दो स्थानोंतक शुद्धता

हटे हुए पैराफीनका भार = ११.५ ग्राम
परन्तु हटे हुए पानीका भार = १३ ग्राम

$$\begin{aligned} \text{पैराफीनका वि० गु०} &= \frac{११.५ \text{ ग्राम}}{१३ \text{ ग्राम}} \\ &= ८८\% \end{aligned}$$

अभ्यासार्थ प्रश्न—१६

(१) एक लकड़ीका बेलन (cylinder) पानीमें चिल्लकल रखा तैरता है। यदि आधा बेतन पानीमें डूबा हुआ हो तो लकड़ीका आ० घ० क्या होगा?

(२) एक आयताकार लकड़ीके टुकड़ेकी ऊंचाई ५० सें० मी० और लम्बा विशिष्ट गुणत्व ६ है। यदि इसका ऊपरी तल धरातलके समानान्तर हो तो उसकी ऊंचाईका कौनमा अंश पानी तलके ऊपर है ?

(३) एक लोहेके टुकड़ेका भार २७५ ग्राम है। पारेमें तैरानेसे इसके आयतनका $\frac{१}{३}$ भाग डूबा रहता है। यदि पारेका आ० घ० १३'५६ हो, तो टुकड़ेका आयतन और लोहेका आ० घ० निकालो।

(४) एक जहाजकी तोल १५०० टन है। स्वच्छ पानीवाली नदीसे यदि यह जहाज समुद्रमें जाय तो कितना ऊपर उठ जायगा ? पानी तलका स्पर्श करनेवाला जहाजका (cross-section) मध्यच्छेद २०००० वर्गफुट है और नीचे भी ५७ इंच तक इतना ही है। (समुद्रके पानीका आ० घ० २०२६, और स्वच्छ पानीका घनत्व प्रति घन फुट ६२.५ पौंड है।)

(५) लकड़ीके एक बेलनकी ऊंचाई ८ फुट है और तोल ७५ पौंड है। यदि लकड़ीका विशिष्ट गुणत्व ८२ हो, तो १५ पौंडका बोझ रखनेसे बेतन कितना और डूब जायगा ?

(६) एक लकड़ीके आयताकार टुकड़ेके मान (dimension) ३' × १' × १' है। पानीमें आधा डूबा हुआ इस प्रकार तैरता है कि इसका सबसे छोटा तल धरातलके समानान्तर है। कितना बल लगानेसे पानीमें ६ इंच और डूब जायगा ?

(७) पीतलकी फटीरी पानीमें क्यों तैरती है, यद्यपि पीतलका

घनत्व पानीके घनत्वसे बहुत अधिक है और पीतनका टुकड़ा पानीमें डूब जाता है ?

(८) एक लकड़ीके टुकड़ेका आयतन ५ घनफुट है और तौल २३२ पौंड । लकड़ीका विशिष्ट गुणत्व बतलाओ । यदि १ घनफुट पानीकी तौल ६२ ५ पौंड हो तो कितना बोझ और रखनेसे टुकड़ा अधिकसे अधिक पानी हटा सकेगा ?

(९) एक वस्तुकी तौल हवामें ५० ३४ ग्राम और पानीमें ४० २३ ग्राम है । वस्तुका आ० घ० क्या है ?

(१०) एक शीशेकी छोट तालमें १५ १३ ग्राम है और इसकी तौल पानीमें ६ ३६ ग्राम है, तो शीशे का आ० घ० और छोटका आयतन निकालो ।

(११) एक चांदीके टुकड़ेका भार ५५ ३२ ग्राम और आ० घ० १० ५ ग्राम है तो इसकी तौल पानीमें क्या होगी ?

(१२) ११ घं प्रश्नवाला चांदीका टुकड़ा अलकोहलमें कितना ठहरेगा यदि अलकोहलका विशिष्ट गुणत्व ८ हो ?

(१३) एक शीशेके खोलले गोलेकी तौल हवामें ३५ ६ ग्राम और पानीमें १२ ०४ ग्राम है, यदि शीशेका आ० घ० २ ६ हो तो गोलके भीतर कितना स्थान खोखला है ?

(१४) एक वस्तुका भार हवामें ४० २ ग्राम, पानीमें ३२ ५ ग्राम और एक तेज़ाबमें ३० ग्राम है तो तेज़ाबका वि० गु० बतलाओ ।

(१५) तूतियेका एक रत्न हवामें ३ ग्राम और तारपीनके तेलमें १ ८६ ग्राम होता है, यदि तारपीनके तेलका वि० गु० ८ ८ हो तो तूतियेका वि० गु० क्या होगा ?

(१६) एक चीजकी तौल १२० ग्राम और वि० गु० ६ ७ है । यदि ८० ग्रामकी एक वस्तु राखकर पानीमें तौल ली जाती है तो दोनोंकी तौल ६० ग्राम ठहरती है । इसका हुई वस्तुका आ० घ० कितना होगा ?

इन प्रश्नोंके पढने और अभ्यास करनेसे यह भली भाँति समझमें आ जायगा कि प्रयोग द्वारा अर्कमीदिसके सिद्धान्तका सहायतासे आपेक्षिक घनत्व, आयतन इत्यादि कितनी शुद्धता पूर्वक मालूम किये जा सकते हैं। अब कुछ प्रयोग संकेत मात्रके लिए नीचे लिख दिये जाते हैं। इनको कर लेनेसे विद्यार्थीको बहुत अच्छा अभ्यास हो जायगा।

अभ्यासार्थ प्रयोग

- (१) नावके एक टुकड़ेको लेकर उसका विशिष्ट गुहत्व निकालो।
- (२) किसी टेढ़े मेढ़े ठोस टुकड़ेको लेकर उसका आयतन निकालो।
- (३) किसी घोल वा तेल वा द्रव का आपेक्षिक घनत्व और घनत्व निकालो।
- (४) पानीमें उतराने वाली किसी वस्तुका आपेक्षिक घनत्व निकालो।
- (५) एक रुपयेका आपेक्षिक घनत्व निकालो और शुद्ध चांदीके आपेक्षिक घनत्व से मिलाओ।
- (६) सोने की वालीमें शुद्ध सोना है वा मिलावटी—इसकी जाच करनेमें जो जो काम करोगे उह सब सूच समझा कर लिखो।
- (७) पानीमें तैरने वाली वस्तु का आपेक्षिक घनत्व कैसे निकालोगे ? यह प्रयोग इस रीतिसे करना होगा —

तैरनेवाली वस्तुके साथ एक ऐसी भारी वस्तु बाँधनी पड़ेगी जो तैरनेवाली वस्तुको भी डुबा सके। इसलिए पहले ऐसी ही कोई भारी वस्तु लेकर उसको हवा और पानीमें तोल लो। इस भारी वस्तुको हम लगर (Sinker) कहेंगे।

तैरने वाली वस्तु को हवामें तोलो।

दोनोंको बाँधकर पानीमें तोलो।

पानीमें तोलते समय किसी वस्तुमें हवाके बुलबुले न चिपके रह जाय। यदि कोई हों तो उनको काचकी कलमसे छुडा दो। इनके लगे रहनेसे पानी अधिक हटेगा। इस पानीमें वस्तुआंका जितना भार होना चाहिये उससे कम होगा, क्योंकि जितना ही पानी हटेगा उतनी ही उसकी ऊपरी उछाल अधिक होगा।

तोलोंको इस तरह लिखो —

हवामें तोलनेस लगरका भार	.	ग्राम
पानीमें	"	ग्राम
पानीमें लगरके भारकी कमी =	_____	ग्राम (१)
तैरनेवाली वस्तुका हवामें भार =	_____	ग्राम (२)
हवामें लगरका भार =	_____	ग्राम

∴ लगर और तैरनेवाली वस्तुका हवामें भार = ग्राम

∴ " पानीमें " दोनोंके भारकी कमी = $\frac{\text{ग्राम}}{\text{ग्राम}}$ (३)

(१) से लगरके भारकी कमी और (३) से दोनोंके भारकी कमी मालूम होती है। इसलिए (३)-(१) से अर्थात् इन दोनों के अन्तरसे तैरनेवाली वस्तुके भारकी कमी मालूम होती है। यह कमी तैरनेवाली वस्तुके भारसे भी बढ जायगी। परन्तु उसमें कोई शका न करनी चाहिये, क्योंकि भारकी कमीका तात्पर्य यह है कि उसपर उछाल उतनी है अथवा हटे हुए पानीका भार उतना है।

हवामें तैरनेवाली वस्तुके भार अर्थात् (२) को उसी वस्तुसे हटे हुए पानीके भार अर्थात् (३)-(१) से भाग देनेपर तैरनेवाली वस्तुका आपेक्षिक घनत्व निकल आवेगा।

१०—पदार्थोंपर तापका प्रभाव

पदार्थकी तीन अवस्थाएँ

संसारके सारे पदार्थ तीन मुख्य भागोंमें विभक्त किये गये हैं—ठोस, द्रव और वायव्य या गैस । इसलिए यदि तीनों प्रकारके एक एक, दो दो, वा तीन तीन पदार्थ लेकर उनपर तापका प्रभाव देखा जाय और उससे जो परिणाम निकले वही सब पदार्थोंके लिए मान लिया जाय तो अनुचित न होगा । परन्तु पहले इन तीनों प्रकारके पदार्थोंमें परस्पर भिन्नता वा सामनता जानना आवश्यक है ।

सोना, चाँदी, पीतल, मिट्टी, लोहा इत्यादि ठोस कहे जाते हैं पानी, दूध, अल्कोहल, तेल इत्यादि द्रव, और हवा, भाप, इत्यादि वायव्य । ठोसोंका आयतन और रूप सदैव एकसा रहता है, यदि उनको विगाडनेवाला कोई काम न किया जाय । द्रवोंका आयतन एकसा रहता है, परन्तु रूप उस वर्तनके अनुरूप होता है, जिसमें वह रखे जाते हैं । वही तेल लगी पतली शीशीमें रखनेसे बहुत ऊँचा दीख पडता है और एक चौड़ी और घडी शीशीमें रखनेसे जरासा मालूम होता है, परन्तु आयतन दोनों अवस्थाओंमें एक ही है । द्रवोंमें वहनेका गुण भी होता है अर्थात् वह ऊँचे स्थानसे नीचे स्थानको वहकर चले जाते हैं । इनका ऊपरी तल भी सदैव वरतलसे समानान्तर होता है । वायव्य पदार्थोंमें इन दोनों प्रकारके पदार्थोंसे भिन्नता होनी है । न तो उनका कोई आयतन ही स्थिर रहता है और न रूप ही । यह बहते अवश्य हैं, परन्तु जिस वर्तनमें रखे जाते हैं उसमें फैलकर सारी जगहमें भर जाते हैं और यदि वह वर्तन खोल दिया जाय तो सारी कोठरी

उनसे भर जाती है। यह घात किसी गंधयुत वायु वा भापसे प्रत्यक्ष हो जाती है।

द्रव और वायव्य दोनों प्रकारके पदार्थ बढ़ते हैं। इसलिये इनका साधारण नाम तरल (fluid) रखा लिया गया है। आगे जहां कहीं 'तरल' शब्द प्रयोग किया जाय वहाँ द्रव और वायव्य दोनोंसे तात्पर्य होगा।

यह दिखाया जा सकता है कि एक ही पदार्थ ताप विशेषसे ठोस, द्रव और वायव्य अवस्थाओंमें बदल जाता है। पानी साधारणतः द्रव है, परन्तु गरमी बढ़ा देनेसे वा हवाके चलनेसे अदृश्य भाप होकर गायब हो जाता है। वही विशेष सरदी पाकर ठास धरफ हो जाता है, सरदीके दिनोंमें घों या नारियल का तेल जम कर ठोस हो जाता है, गरमी पाकर पिघल जाता है और द्रव बन जाता है, बहुत गरमी पाकर वायव्य होकर उड़ भी सकता है। इसी तरह सोना, चादी, बालू इत्यादि भी पिघल कर द्रव हो जाते हैं, परन्तु इनके लिये बहुत गरमी पहुँचानेकी आवश्यकता पड़ती है। कहा जाता है कि सूर्यमें लोहा, इत्यादि बहुत सी धातु वायव्य अवस्थामें ही मौजूद हैं।

ठोसोंपर तापका प्रभाव

बहुताने देखा होगा कि इन्के, गाड़ीवाले गरमीके दिनोंमें पहियोंकी छालोंको ठंडे पानीसे तर करते रहते हैं। पूछनेपर वह बतलाते हैं कि गरमीसे हाल ढीली पड़ जाती है। कदाचित् किसी विचारवान् लड़केके मनमें यह प्रश्न भी उठा होगा कि हाल पहियेपर चढायी कैसे जाता है। इसके चढानेकी रीति बड़ी सरल है। हालको समतल भूमिमें रखकर उस-

घर कंठे सुल गाये जाते हैं, जब यह सूब लाल हो जाती है उसे उठा कर पहियेपर चढ़ा देते हैं, और अठ्ठी तरह बैठ जानेपर पानीसे ठंडा कर देते हैं, ठंडसे हाल सिकुड जाती है और इतने जोरसे पहियेको पकड़ लेती है कि मनुष्य उसको छुड़ा नहीं सकता। इसी साधारण अनुभवसे तीन बातें सिद्ध होती हैं—

गरम पदार्थके साथ ठंडा पदार्थ भी गरम हो जाती है। गरमीसे पदार्थ पहले फैलते हैं, पीछे सिकुडनेमें बहुत बल लगाते हैं।

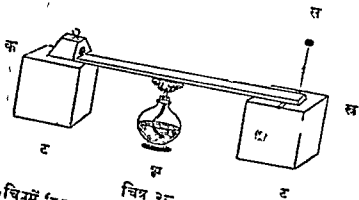
इसी कारण रेलगाडीकी पटरियाँ जहाँ जुड़ी रहती है वहाँ गरमीके दिनोंमें फैलनेके लिए कुछ थोडा सा अन्तर रखा जाता है। विजली द्वारा समाचार भेजनेके लिए रेलकी पटरियोंके साथ साथ खम्भोंपर तार बंधे रहते हैं। वह भी जाडेमें सिकुड कर कुछ सीधे हो जाते हैं और गरमीमें फैलकर लटक पड़ते हैं। अब कुछ प्रयोग ऐसे वर्णन किये जाते हैं जिनके द्वारा पदार्थोंमें गरमी पाकर फैलना दिखलाया जा सकता है।

प्रयोग ३५—किसी धातुके छड़के बढनेकी जाच।

उध दो फुट लम्बा लोहा, ताँबा वा पीतलका कोई छड़ लकड़ीके टुकड़ोंके सहारे मेजपर (चित्र २८) धरातलके समानान्तर रखो। यदि लकड़ीके टुकड़े न हों तो दो स्टूलोंको कुछ दूरीपर रखकर उन्हींपर छड़को रखो और देखा छड़ धरातलके समानान्तर मालूम होता है वा नहीं। छड़का एक सिरा किसी भारी चीजसे दबा दो और दूसरे सिरके पास ही छड़के नीचे एक बडी सुई इस प्रकार रखो कि वह

ठोसोंपर तापका प्रभाव

छड़की लम्बाईसे समकोण बनावे। सुईके छेदमें एक धूल लम्बी सुई वा आलपीन घुसेड दो, जिसमें यह स्तूलके तल सीधी रखी रहे।



चित्र २८

इस चित्रमें 'क, घ' लकड़ीके टुकड़े, 'ख' छड़, 'घ' भारी वस्तु 'स' बड़ी हुई सुई और 'ख' गरम करनेवाली स्फिरिट लम्प या डिबिया दितलायी गयी है।

जिस समय दोनों टुकड़ोंके बीचमें लम्पसे छड़ गरम किया जाता है, छड़ बढ़ने लगता है और बढ़नेके साथ दायी हुई सुईको भी लुढ़काता जाता है, जिसके लुढ़कनेसे उसके छेदमें पहिनाई हुई दूसरी सुई तिरछी होती जाती है। लम्प हटा लिया जाय तो छड़ सिकुड़ने लगता है और तिरछी सुई सीधी खड़ी होने लगती है। यदि ठंडा पानी छाड़कर छड़ तल ठंडा किया जाय तो वह बहुत जल्दी सिकुड़ जायगा और सुई एकबारगी सीधी खड़ी हो जायगी।

छड़के एक सिरेको भारी वस्तुसे दवानेका कारण केवल है कि वह सिरा दया रहे जिससे छड़ इस ओर न बढ़ने

यदि कुप्पीमें सरदी पहुँचायी जाय तो 'क' में पानी ऊपर चढ़ेगा और 'घ' में उतरेगा ।

प्रयोग ३६— पानीमें गरमी पहुँचानेसे तेल कहातक बढ़ सकता है ?

चित्र ३३में स—डट्टा, क—थमना या चगुल, घ—छुल्ला, ल—स्विपरिट लम्प और व—बीकर है, जिसमें पानी भरा हुआ है । ष—परखनली है, जिसमें तेल भरा हुआ है, और जिसके मुहमें एक छेदवाले कागजके द्वारा एक लम्बी काँचकी नली लगी हुई है । बीकरका पानी गरम करनेसे परख-नलीका तेल गरमी पाकर चढ़ेगा और नलीमें चढ़ेगा । पानीको रूख गरम करते जाओ और देखो तेलका चढ़ना कहीं बन्द होता है वा चढ़ता ही जाता है ।

इसी प्रकार परख नलीको बर्फमें रखकर देखो तेल कहाँ तक सिकुडता है ।

इस प्रयोगसे यह पता चलता है कि जब पानी उबलता रहता है उस समय तेलका फैलना रुका रहता है और बर्फ में भी बहुत देरतक रखनेसे तेलका सिकुडना बन्द हो जाता है ।

ताप और तापक्रम

यह साधारण अनुभवभी वान है कि जब कोई ठडी वस्तु किसी गरम वस्तुको छूए रहती है तो गरम वस्तु ठडी हो जाती है और ठडी वस्तु गरम । जब दोनों बराबर गरम हो जाती हैं, दोनोंमेंसे बराबर गरमी निकलने लगती है और कुछ देरमें दोनों ठडी हो जाती हैं । इसी बातको वैज्ञानिक भाषामें यों कहते हैं—

“जब कोई ठही वस्तु किसी गरम वस्तुसे लगी हुई वा सलग्न रही जाती है तो गरमी गरम वस्तुसे ठही वस्तुमें आ जाती है। जिस वस्तुमें गरमी बढ़ती है उसका ऊचा ताप क्रम *temperature* कहा जाता है। और जिसमें गरमी बढकर जाती है उसका नीचा ताप क्रम होता है। जब दोनों का ताप क्रम समान हो जाता है, एनसे दूसरेमें गरमीना बढना रुक जाता है।

ऊचे ताप-क्रमवाली वस्तुसे गरमी बढनेकी उपमा ऊचे धरातलसे पानी बढनेके साथ देते हैं, अर्थात् जैसे ऊचे धरातलसे द्रव बढकर नीचे धरातलमें जाता है, इसी तरह ऊचे ताप क्रमवाली वस्तुसे गरमी बढकर निचले ताप क्रमवाली वस्तुमें जाती है। और जैसे ऊपरवाला द्रवतल घटता और नीचेवाला द्रवतल बढता जाता है और बढना उसी क्षण बन्द हो जाता है, जिस समय ऊपर नीचेके द्रवतल समान ऊचाईपर हो जाते हैं, उसी भाँति ऊचे ताप क्रम वाली वस्तुका तापक्रम घटता जाता और निचले तापक्रमवाली वस्तुका बढता जाता है और जब दोनोंके ताप क्रम समान हो जाते हैं एकसे दूसरेमें गरमीका बढना रुक जाता है। यह कभी न समझना चाहिये कि ऊचे ताप-क्रमवाली वस्तुमें गरमीका परिमाण सर्वदा अधिक होता है और निचले ताप क्रमवाली वस्तुमें कम। ऊचे ताप क्रमका होना यह नहीं सूचित करता कि तापकी मात्रा अधिक है वरन् यह सूचित करता है कि इसमेंसे ताप अधिक बढ सकता है। लोहेना तार जो गरमीसे लाल हो गया हो कपडे या कागजमें बुलानेसे जला देगा, जो एक घडा उबलता हुआ जल भी छोडनेपर नहीं जल सकेगा, यद्यपि घडेके उबलते हुए जलमें तापकी मात्रा अन्यन्त अधिक है। कारण यह है कि लाल गरम तारसे ताप अन्यन्त कुरताँस

पारा भरनेकी क्रिया

प्यालीमें पारा भर दो । शाखाकी नली इतनी वारीक होती है कि प्यालीमें भर देनेसे ही पारा नलीमें नहीं उतरता । इसलिए घुडीको पहले गरम करके फिर ठडी करो । गरमीसे उसमेंकी हवा फैलकर नलीकी राहसे कुछ निकल जायगी और ठडी होनेपर शेष वायुके सिकुड़नेसे जो स्थान बचता है उसमें कुछ पारा खिंच आयगा । इसी प्रकार कई बार घुडीको गरम और फिर ठडी करनेसे घुडी पारेसे भर जायगी और शाखामें भी कुछ दूरतक पारा चढ जायगा । जब ठडा होनेपर भी शाखामें कुछ दूरतक पारा चढा रहे तब भरना रोक दो । दो एक बार इस पारेको उचाल डालो जिसमें पारेमें लगी हुई हवा विलकुल निकल जाय । अब भी घुडीमें इतना पारा होना चाहिये कि कुछ दूरतक नलीमें चढा रहे । प्यालीमेंसे पारा निकाल लो ।



चित्र ३४



चित्र ३५

प्याली अलग करनेके लिए उसके नीचे शाखाको खूब गरम करके गला लो । उसी समय घुडीमें भी इतनी गरमी पहुँचानी चाहिये कि पारा फैलकर गले हुए स्थानतक पहुँच जाय । तब प्याली खींचकर अलग कर लो । (देखो चित्र ३५) ऐसा करनेसे शाखाका मुह बन्द हो जायगा । पारा गले हुए स्थानतक पहुँचानेका कारण यह है कि तापमापकमें वायु न

रहने पावे नहीं तो ऊँचे तापक्रमपर यह वायु फैल कर यन्त्रको तोड़ सकती है। फेजल पारा ही भर देने और शाखा बन्द कर देनेसे शुद्ध तापमापक नहीं बन जाता।

ताप नापनेको भी इकाई की आवश्यकता पड़ती है। इसकी इकाई यों स्थिर की गयी है—

प्रयोग ३६ से यह ज्ञात होता है कि जिस समय पानी उबलता रहता है उस समय उसमें रखी हुई वस्तुका फैलन रुका रहता है अर्थात् वह उससे अधिक गरम नहीं होने पाती,

जिससे यह सिद्ध होता है कि उबलते हुए पानीका या उसमें रखी हुई वस्तुका तापक्रम एक सा स्थिर रहता है, क्योंकि गरमीके बढ़नेसे तापक्रम बढ़ता है और वस्तु फैलती है और वस्तुके फैलनेसे ही तापक्रमके बढ़ने घटनेका पता लगता है। जिस तापक्रमपर पानी उबलता है उसको पानीका

ब्वयनांक (boiling point) कहते हैं। इसी प्रकार जब तक कोई वस्तु पिघलती हुई बर्फमें रखी रहती है उसका सिकुटना रुका रहता है। इस तापक्रमको बर्फका द्रवणांक (melting point) या पानी का हिमांक (freezing point) कहते हैं। इन्हीं दोनों तापक्रमोंको स्थिर समझकर इनके बीचवाले भागको १००

समान अंशोंमें विभक्त करते हैं। द्रवणांक को प्रारम्भ बिंदु मानते हैं और कथनांकको १००, और ० और १०० के बीचको शाखाके १०० भाग मानकर बराबर बराबर चिन्ह कर देते हैं। इस तरह प्रत्येक भाग या अंश (degree) द्रवणांक और कथनांकके बीचवाले भागका सौवाँ भाग है। इसीलिए इसका नाम शतांश (centigrade degree) है। जिन तापमापकोंमें

शतांश ही इकाई मानो जाती है उनको शतांश तापमापक (centigrade thermometer) कहते हैं।

(५) फारनहैट तापमापकसे एक द्रवका तापक्रम ११०° पढा जाता है । एक विगड़ा हुआ शतांश तापमापक प्रयोग करनेसे उसी द्रवका तापक्रम ४४° पढा जाता है । शतांश तापमापकमें कितनी शुशुद्धि है ?

(६) दो तापमापक समान घुडीके हैं परन्तु शाखाके छिद्रोंकी चौड़ाईमें भिन्नता है । किस तापमापकमें दोनों स्थिर चिन्होंके बीचकी दूरी अधिक होगी ? इसको एक उदाहरण देकर समझाओ ।

(७) तापमापकका छिद्र चौड़ा रखा जाय तो क्या दोष होगा ?

फारनहैट और शतांश तापक्रमोंका ग्राफ

यह प्रत्येक विद्यार्थीकी समझमें आ गया होगा कि शतांश तापक्रमको फारनहैट तापक्रममें वा फारनहैटको शतांश तापक्रममें बदलनेके लिए कुछ गणना करनी पड़ती है । यदि प्रत्येकके पास इन दोनों तापक्रमोंका एक ग्राफ (graph) रहे तो गणना करनेकी कोई आवश्यकता नहीं पड़ती । किसी दो परिमाणोंका ग्राफ वह सीधा वा वक्र रेखा है जो उन परिमाणोंका सम्बन्ध व्यक्तलाती हो । ग्राफका बनाना भी ऐसा सरल है कि सब कोई इसको स्वयम् घना सकता है । इसके रीचनेकी दो रीतियाँ हैं, (१) गणनाके द्वारा और (२) प्रयोग के द्वारा ।

(१) गणना करके ग्राफ रीचना

मान लो गणना करनेसे दोनों तापक्रमोंका यह सम्बन्ध निकलता है—

$$१५^{\circ} \text{ श} = ५६^{\circ} \text{ फ}$$

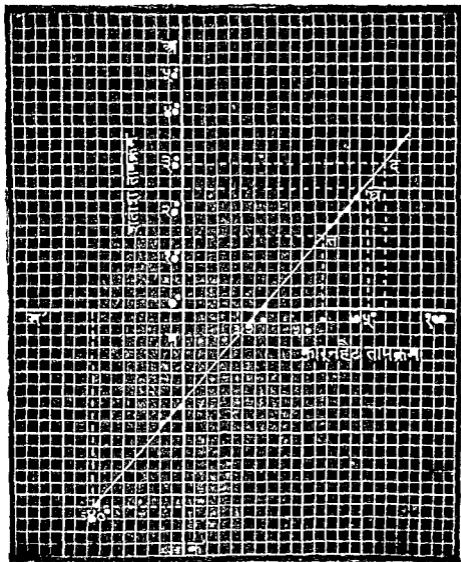
$$२५^{\circ} \text{ श} = ७७^{\circ} \text{ फ}$$

$$३०^{\circ} \text{ श} = ८६^{\circ} \text{ फ}$$

$$४५^{\circ} \text{ श} = ११३^{\circ} \text{ फ}$$

फाहरनहैट और शनांशा तापक्रमोंका ग्राफ

क





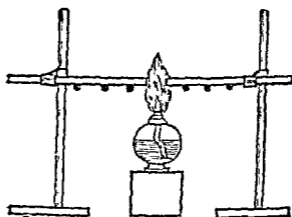
$$25^{\circ} \text{ श} = 125^{\circ} \text{ फ}$$

$$-4^{\circ} \text{ श} = 23^{\circ} \text{ फ}$$

ग्राफ खींचकर इनका सम्बन्ध दिखलानेके लिए (squared paper) खानेदार कागज लो। दो मोटी लकीरोंपर जो आड़ी और खड़ी हों कुछ मोटी रेखा स्याहीसे खींचो जैसे 'प्र क' और 'प्र ख' (चित्र ३६)। एक रेखापर शतांश तापक्रमोंको और दूसरी रेखापर फारनहैट तापक्रमोंको लिखो। तापक्रमके अंकोंको लिखनेके पहले यह हिसाब लगाओ कि कितनी कितनी दूरी पर कौन कौनसे अंक लिखनेमें सुविधा होगी। चित्र ३६ में खड़ी लकीरपर केवल २० छोटे छोटे भाग हैं और ० से ५०° शतांशके अंकोंको लिखना है, इसलिये एक एक छोटे भागसे २५° श तक सूचित किया जा सकता है अर्थात् छोटे छोटे ४ भाग १० अंशोंको सूचित कर सकते हैं। इसलिये दोनों मोटी रेखाओंके मिलन बिन्दुसे पहले चार भागके पश्चात् १० दूसरे चार भागके पश्चात् २० इत्यादि लिख दिया गया। आड़ी रेखापर भी कुल २० भाग हैं और २१२ फारनहैट अंशको सूचित करना है। हिसाब लगानेपर मालूम हुआ कि १०० अंशतक सुविधाके साथ सूचित किया जा सकता है क्योंकि तभी एक एक छोटा भाग ५ अंशोंको सूचित कर सकता है। इससे भी छोटा स्केल मानकर गिननेमें बहुत अशुद्धि हो जायगी। दोनों लकीरोंपर अंक लिखनेके बाद उन्हींके पास यह भी लिख देना चाहिये कि यह क्या सूचित करता है, जैसे 'शतांश तापक्रम' और 'फारनहैट तापक्रम' लिख दिये गये हैं।

अब एक बिन्दु पेसा स्थिर करना है जो एक साथ दोनों आड़ी और खड़ी रेखाओंके सहारे १५° श और ५६° फ सूचित कर सके। देखो 'प्र क' रेखाको विभक्त करनेवाली

(चित्र ४४) और मोमके गलनेसे गोलियाँ
सकें। गरम करनेपर जो अच्छा परिचालक
चिपकी हुई गोलियाँ पहिले गिरना आरम्भ करेगी।



चित्र ४४

मोमके
लियाँ
स्थानमें यदि
छुड़पर
जानेवाले
मान दूरीपर
डा (ph)
का रख दिया

अच्छे परिचालकमें वह पहिले जल उठेगा।
कमी बेशी दिखानेके लिए एक विचित्र प्रयोग किया
जिससे पता चलता है कि धातुकी अपेक्षा लकड़ी
परिचालक है। यों तो अनुभवसे सब जानते हैं
लकड़ीके न जलते हुए भागको जहा थाम लेते हैं,
लाल लोहेके चीमटेका दूसरा सिरा भी थाम लेनेसे
जले नहीं रह सकता। इस अनुभवसे तो स्पष्ट ही
ताप बहुत चलता है और लकड़ीमें नहीं। यही हाल
भी होता है। कांच पिघलता रहता है और
दूरीपर हाथसे पकड़े रहते हैं

वह विचित्र प्रयोग यों
दो बेलन एक पीतल वा
एक... में सिरपर ज
इन्... लपेटो जिस

' ८५° श = १८५° फ

-५° श = २३° फ

ग्राफ खींचकर इनका सम्बन्ध दिखलानेके लिये (quar-red paper) खानेदार कागज लो। दो मोटी लकीरोंपर जो आड़ी और खड़ी हों कुछ मोटी रेखा स्याहीसे खींचो जैसे 'प्र क' और 'प्र त' (चित्र ३६)। एक रेखापर शतांश तापक्रमोंको और दूसरी रेखापर फारनहैट तापक्रमोंको लिखो। तापक्रमके अङ्कोंको लिखनेके पहले यह हिसाब लगाओ कि कितनी नितनी दूरी पर कौन कौनसे अङ्क लिखनेमें सुविधा होगी। चित्र ३६ में खड़ी लकीरपर केवल २० छोटे छोटे भाग हैं और ०° से ५०° शतांशके अङ्कोंको लिखना है, इसलिये एक एक छोटे भागसे २५° श तक सूचित किया जा सकता है अर्थात् छोटे छोटे ४ भाग १० अंशोंको सूचित कर सकते हैं। इसलिये दोनों मोटी रेखाओंके मिलन बिन्दुसे पहले चार भागके पश्चात् १० दूसरे चार भागके पश्चात् २० इत्यादि लिख दिया गया। आड़ी रेखापर भी कुल २० भाग ह और २१२ फारनहैट अंशको सूचित करना है। हिसाब लगानेपर मालूम हुआ कि १०० अंशतक सुविधाके साथ सूचित किया जा सकता है क्योंकि तभी एक एक छोटा भाग ५ अंशोंको सूचित कर सकता है। इससे भी छोटा स्केल मानकर गिननेमें बहुत अशुद्धि हो जायगी। दोनों लकीरोंपर अक लिखनेके बाद उन्हींके पास यह भी लिख देना चाहिये कि यह क्या सूचित करता है, जैसे 'शतांश तापक्रम' और 'फारनहैट तापक्रम' लिख दिये गये हें।

अब एक बिन्दु ऐसा स्थिर करना है जो एक साथ दोनों आड़ी और खड़ी रेखाओंके सहारे १५° श और ५९° फ सूचित कर सके। देखो 'प्र क' रेखाको विभक्त करनेवाली

100

100

100

100

शतांश और फारनहैट तापमापक

१४१

$$24^{\circ}\text{श} = 75^{\circ}\text{फ}$$

$$-4^{\circ}\text{श} = 23^{\circ}\text{फ}$$

ग्राफ खींचकर इनका सम्बन्ध दिखलानेके लिए (square red paper) खानेदार कागज लो। दो मोटी लकीरोंपर जो आड़ी और खड़ी हों कुछ मोटी रेखा स्याहीसे खींचो जैसे 'प्र क' और 'प्र ए' (चित्र ३६)। एक रेखापर शतांश तापक्रमोंको और दूसरी रेखापर फारनहैट तापक्रमोंको लिखो। तापक्रमके अङ्कोंके लिखनेके पहले यह हिसाब लगा लो कि कितनी कितनी दूरी पर कौन कौनसे अङ्क लिखनेमें सुविधा होगी। चित्र ३६ में खड़ी लकीरपर केवल २० छोटे छोटे भाग हैं और ० से ५०° शतांशके अङ्कोंको लिखना है, इसलिये एक एक छोटे भागसे २५° तक सूचित किया जा सकता है अर्थात् छोटे छोटे ४ भाग १० अंशोंको सूचित कर सकते हैं। इसलिये दोनों मोटी रेखाओंके मिलाकर विन्दुसे पहले चार भागके पश्चात् १० दूसरे चार भागके पश्चात् २० इत्यादि लिख दिया गया। आड़ी रेखापर भी कुल २० भाग हैं और २१२ फारनहैट अश-को सूचित करना है। हिसाब लगानेपर मालूम हुआ कि १०० अशतक सुविधाके साथ सूचित किया जा सकता है क्योंकि तभी एक एक छोटा भाग ५ अंशोंको सूचित कर सकता है। इससे भी छोटा स्केल मानकर गिननेमें बहुत अशुद्धि हो जायगी। दोनों लकीरोंपर अङ्क लिखनेके बाद उन्हींके पास यह लिख देना चाहिये कि यह क्या सूचित करता है, जैसे 'शतांश तापक्रम' और 'फारनहैट तापक्रम' लिख दिये गये ह। अब एक विन्दु ऐसा स्थिर करना है जो एक साथ दोनों आड़ी और खड़ी रेखाओंके सहारे १५°श और ५९° फ तापक्रम पर हो सके। देखो 'प्र क' रेखाको विभक्त करनेवाली



$$24^{\circ} \text{ श} = 124^{\circ} \text{ फ}$$

$$-4^{\circ} \text{ श} = 23^{\circ} \text{ फ}$$

ग्राफ खींचकर इनका सम्बन्ध दिखलानेके लिए (square red paper) खानेदार कागज लो। दो मोटी लकीरोंपर जो आड़ी और खड़ी हों कुछ मोटी रेखा स्याहीसे खींचो जैसे 'प्र क' और 'प्र ख' (चित्र ३६)। एक रेखापर शतांश तापक्रमोंको और दूसरी रेखापर फारनहैट तापक्रमोंको लिखो। तापक्रमके अंकोंको लिखनेके पहले यह हिसाब लगालो कि कितनी कितनी दूरी पर कौन कौनसे अंक लिखनेमें सुविधा होगी। चित्र ३६ में खड़ी लकीरपर केवल २० छोटे छोटे भाग हैं और ० से ५०° शतांशके अंकोंको लिखना है, इसलिए एक एक छोटे भागसे २५° तक सूचित किया जा सकता है अर्थात् छोटे छोटे ४ भाग १० अंशोंको सूचित कर सकते हैं। इसलिए दोनों मोटी रेखाओंके मिलन बिन्दुसे पहले चार भागके पश्चात् १० दूसरे चार भागके पश्चात् २० इत्यादि लिख दिया गया। आड़ी रेखापर भी कुल २० भाग हैं और २१२ फारनहैट अंशको सूचित करना है। हिसाब लगानेपर मालूम हुआ कि १०० अंशतक सुविधाके साथ सूचित किया जा सकता है क्योंकि तभी एक एक छोटा भाग ५ अंशोंको सूचित कर सकता है। इससे भी छोटा स्केल मानकर गिननेमें बहुत अशुद्धि हो जायगी। दोनों लकीरोंपर अंक लिखनेके बाद उन्हींके पास यह भी लिख देना चाहिये कि यह क्या सूचित करता है, जैसे 'शतांश तापक्रम' और 'फारनहैट तापक्रम' लिखा जाये।

अब एक बिन्दु पेसा स्थिर करना है जो एक साथ दोनों आड़ी और खड़ी रेखाओंके सहारे १५° श ' (५६° फ सूचित कर सके। देखो 'प्र क' रेखाको विभक्त करनेवाली

कौनसी आडी लकीर १५' शको सूचित करती है। फिर देखो 'प्र ख' रेखाको विभक्त करनेवाली कौनसी म्बडी लकीर ५६° फ सूचित करती है। देखनेसे पता लगता है कि ५६ फ ५५° और ६०° फ वाली रेखाओंके बीचमें है। इसलिए इन दोनोंके बीचकी दूरीको ५ मानसिक भागोंमें विभक्त करके ४ भाग छोड़ दिये गये, तब उसी स्थानसे खड़ी कटी हुई रेखा खींची गयी। जहाँ यह रेखा १५' श वाली रेखासे मिलेगी वहीं दोनों तापक्रमोंका बदलानेवाला विन्दु त समझना चाहिये। इसी प्रकार और विन्दुओंको जैसे थ, द, घ न इत्यादि-को स्थिर कर लो। यदि एक सीधमें हों तो इनपर रूलसे रेखा खींचकर इधर उधर बढ़ा दो। यही रेखा शतांश और फारनहैट तापक्रमोंका माफ है।

यह माफ 'प्र ख' अर्थात् फारनहैट तापक्रमको सूचित करने वाली रेखाको ३०° और ३६° फ के बीचमें काटता है और 'प्र क' रेखाको लगभग १८' नीचेकी ओर अर्थात् १७' पर। इससे यह प्रकट होता है कि जब शतांश तापक्रम ०° हो तो फारनहैट तापक्रम ३० और ३५ के बीचमें होता है। वास्तवमें ०° श का तापक्रम ३२° फ होता है। माफके ठीक न खिचनेसे यह अशुद्धि हुई है। और जब फारनहैट तापक्रम ०° हो तो शतांश-१८' होता है, वास्तवमें होना चाहिये-१५' ८" श। जिस समय शतांशमें-४०° तापक्रम होता है, फारनहैटमें-४०° के लगभग होता है, यथार्थ में उस समय दोनों-४० होते हैं।

एक तापक्रमके दूसरे तापक्रममें बदलनेकी विधि नीचे दी जाती है—

मान लो १७' श को फारनहैट तापक्रममें बदलना है।

मालूम होता है कि शतांश सूचित करनेवाली रेखा-

पर यह अंक '८' पर पड़ता है। यहींसे आड़ी लकीरके साथ साथ आफकी ओर चलो और जिस त्रिन्दुपर ग्राफ मित जाय जैसे '४' वहाँसे नीचे उतरो और देखो फ़ारनहैट तापक्रम-घाती रेखा कहां मिलती है। उदाहरणमें यह १५° वा ११.३ के पास पहुँचती है इसलिए १५२° फ = ६७° श। गणनासे ६७° श = १५२° फ। ८ और ४ चित्रमें नहीं दिखाये गये हैं।

(२) दूसरी रीति यह है—

प्रयोग ४८—एक बॉकरमें आधा पानी भरकर लोहेकी त्रिपाईपर (tripod stand) जाली (wire gauze) रखकर उबलने तक गरम करो। लम्प बुझा दो और बॉकरमें एक शतांश तापमापक और एक फ़ारनहैट तापमापक रखा और एक ही समय दोनों तापमापकोंसे पानीके तापक्रम देखो और उनको लिख लो। इसी तरह १५ या १६ बार कुछ कुछ देरमें तापक्रम नापो। इन्हींके सहारे ऊपरवाली रीतिके अनुसार ग्राफ खींचो।

इन बातका ध्यान रखो कि तापक्रम नापने समय न.प.मापककी घुडी पानीके बाहर न निकली रहे और दोनों तापमापकोंकी घुडियाँ एक दूसरेके पास हों और शायदा एक दूसरेसे मिली रहें।

यदि समान समयमें तापक्रम नापना चाहो तो अकेले घडीका देपना और तापक्रमोंका पढ़ना दोनों नहीं हो सकते। इसलिए दो लडकोंको मिलकर काम करना पड़ेगा। एक तापक्रम पढ़ता जाय और दूसरा घड़ी देखकर, समय बतलाता जाय और तापक्रमोंको लिखता जाय। समय बतलानेवालेको चाहिये कि तापक्रम पढ़नेके उचित समयसे १०

होकर अपनी आंख तापमापकोंपर ही गड़ाये रहे और उचित समयके आते ही अर्थात् घड़ी देखनेवालेके सूचना देते ही दोनों तापक्रमोंको बतला सके।

प्रति दो लडकोंके पास एक सेकंड बतलानेवाली घड़ी न हो ता कोई एक लडका या अध्यापक स्वयम् घड़ी ले लें और सब लडकोंको उचित समयसे १० सेकंड पूर्व घटी या किसी शब्दसे सूचित कर दें। यह सुनते ही सब लडके सावधान होकर तापमापकोंको देखने लग जायें और उचित समयको सूचना देते ही सब दोनों तापक्रमोंको लिख लें।

* यदि इतने तापमापक न हों तो एक लडका एक प्रकारका तापमापक और दूसरा दूसरे प्रकारका उसी पानीमें रखकर तापक्रम अलग अलग पढ़े।

तापक्रमोंको लिखनेके लिए पहलेसे नीचेकी तरह खाने खींच लेने चाहिये—

समयका अन्तर	शताश तापक्रम	उसी मुकाबिलेका फारनहैट तापक्रम
आरम्भमें		
१ मिनट पर		
२ " "		
३ " "		

* इस प्रयोगके करनेमें प्रत्येक लडकेको एक शताश और फारनहैट तापमापककी आवश्यकता पड़ेगी।

अभ्यासार्थ प्रयोग

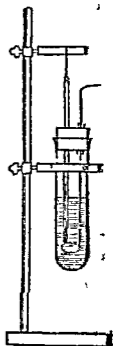
१—ऊपरवाले खानेके अकोंके सहारे एक याक पैमा खीं जो जो पानीके ठंढा होनेको घाल या रैट (rate) अर्थात् समय और तापक्रमके उतरनेका सम्बन्ध सूचित करे ।

नोट १—समयको एक मोटी रेखासे और किन्नी एक खानेके तापक्रमोंको दूसरी मोटी रेखासे सूचित करके विन्दुओंको स्थिर करो और याक खीं जो ।

नोट २—तापक्रमका उतरना सूचित करनेके लिए खड़ी रेखा अच्छी होती है, क्योंकि तापक्रमका बढ़ना खड़ी रेखाके द्वारा ऊपर जानेसे सूचित होगा और उतरना, उसपर नीचे जानेसे । समय आड़ी रेखासे सूचित करना चाहिये ।

जो परिमाण चढ़ना उतरना सूचित करे वह सदैव खड़ी लकीरके द्वारा सूचित करना चाहिये ।

२—एक परख-नलीमें आधेसे लगभग पैराक्रोन मोमके छोटे छोटे टुकड़े रखो और लम्पसे बहुत धीमी आचसे पिघना लो । जब सब पिघल जाय तो आच से हटानर एक दृष्टेमें फसकर चित्र ४० की भाँति रख लो और पिगले हुए मोममें एक तापमापक रख दो । तीस तीस सेकंडमें तापक्रमोंको पढ़ो, जब ३०° श कर तापक्रम उतर जाय, काम बन्द कर दो । बीच बीचमें कभी कभी तापमापकसे ही मोमको हिलाते जाओ परन्तु यह ध्यान रखो कि तापमापककी घुंड़ी मोमसे बाहर न निकलने पावे । तापक्रमोंको खड़ी लकीरसे और समयको आड़ी लकीरसे सूचित करके याक खींचो । कौनसा तापक्रम बहुत देर तक स्थिर रहता है और इस तापक्रमके घतनानेवाले विन्दुओंपर



चित्र ४०

छींची हुई रेखा किस रेखाके सामानान्तर है ? स्थिर तापक्रमके नीचे मोम ठोस है या द्रव ? [देखो चित्र ४०]

यह स्थिर तापक्रम मोमका द्रवणांक फइलाता है ।

३—गन्धकका द्रवणांक ऊपरवाली रीतिसे निकालो । 120° श तक गन्धकको गरम करो और 100° श तक उतारकर लाओ चीचके तापक्रमको रखी लकीर और समयको थोड़ी लकीरसे सूचित करके घात रखाओ ।

नफथलीनका द्रवणांक निकालो ।

नाट—आरम्भमें जब श्रम्यास कम रहता है परस-नलीमें रखकर किसी वस्तुको लम्पकी आँचमें सीधे गरम करनेमें एक तो भीतरकी वायु चारों ओर आँचपर देर तक नहीं रह सकती, दूसरे परस-नलीके समोवेश आँच घावर टूट जानेका डर रहता है। इसलिए यदि कोई वस्तु 100° श तक गरम करनी हो तो उसके लिए चीचमें पानी आधा भर दो और नसी पानीमें वह परस-नली रख दो जिसमें वस्तु गरम करनी है तब पानीको आँचसे गरम करो, बैसा प्रयोग ४६ में बतलाया गया है ।

गन्धक पिघलानेसे लिए पानीका प्रयोग करना श्रद्धा नहीं क्योंकि गन्धक 100° श के ऊपर पिघलता है, और पानी 100° श से ऊपर गरम नहीं किया जा सकता, इसलिए उसके स्थानमें काँच तेल का गिलासरीनका ही प्रयोग करना उचित होगा ।

द्रवणांक माप करनेकी दूसरी विधि

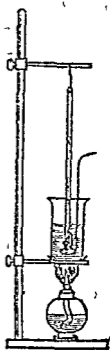
प्रयोग ४६—आँच नलीका एक ५, ६ इंचका टुकड़ा लेकर दोनों सिरोंमें दोनों हाथसे पकड़ कर चीचों बीच लम्पसे गरम करो । गरम करते समय काँच नलीको घुमाते जाओ जिसमें चारों ओर समान गरम हो—नहीं तो टूट जायगी । जब इतना पिघल जाय कि छींची जा सके तब बाहर निकाल कर छींच लो, जिससे एक पतली काँच नली जिसकी मोटाई १ इंच वा २ मि० भी० हो निकल आवे । इसीमेंसे १ से० भी० लम्बी काटकर मोम या जिस किसी पदार्थका

द्रवणांक निकालना हो उस धारीक नलीमें भर दो। तापमापककी लम्बी घुडीमें इसे टोरेसे कसकर बांध दो। तापमापकको धीकरके पानीमें रखकर उद्रेमें कस दो। (चित्र ४१)।

धीमी आँचसे धीकरका पानी गरम करो और मथनी (stirrer) या हिलानेवालेसे ऊपर नीचे पानी हिलाओ, जिसमें चारों ओर गरमी बराबर फैले। नलिकाका मोम ज्यों ज्यों पिघलता जायगा पारदर्शक होता जायगा। इसी समय तापक्रम पढना चाहिये। जब सब पिघल जाय, आँच हटाकर पानी ठंडा करो और मथनीसे हिलाओ। जब मोम जमने लगेगा अपारदर्शक होने लगेगा। यह तापक्रम भी पढ लो। यदि बहुत सावधानी की जावेगी तो जमने और पिघलनेके समयके तापक्रममें बहुत अन्तर न होगा। इसी तरह कई बार गरम और ठंडा करके तापक्रम पढो और सबकी औसत निकालो। यही मोमका द्रवणांक होगा।

मथनी कैसे बनायी जाती है ?

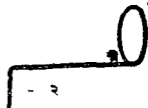
८, १० इंच लम्बे मोटे ताम्बेके तारको लेकर पहले चित्र ४२ (१) की भाँति



चित्र ४१



१



चित्र ४२

वनाघो । फिर मेजपर रखकर उस स्थानसे तार सीधा खड़ा करो जहांसे मोड़ आरम्भ होता है । ऊपरवाले सिरकेको दूसरी ओर मोड़ दो । बस मथनी तैयार हो गयी । उसका रूप चित्र ४२ (२) की भांति होगा ।

११-तापका फैलना

ताप परिचालन, ताप परिमादन और ताप विकिरण

एक स्थानसे दूसरे स्थानको ताप तीन तरहसे जाता है—

(१) जब किसी वस्तुका एक भाग गरम किया जाता है, ताप गरम स्थानसे उसके पासवाले ठंडे स्थानपर पहुँच कर उसको गरम करता है, फिर वहासे उसके आगवाला भाग गरम होता है, इसी तरह सारी वस्तु गरम हो जाती है । तापके इस प्रकार फैलनेको तापपरिचालन (conduction) कहते हैं । अपने इसी गुणसे ठोस पदार्थ गरम होते हैं । धातुकी वस्तुओंमें जैसे चीमटा, छड़ वा तारका एक सिरा आगमें रखनेसे, इसी गुणके कारण दूसरे सिरेतक गरमी पहुँच जाती है ।

(२) वहनेवाली वस्तुओंमें ताप एक भागसे दूसरे भागमें स्वयम् नहीं जाता बरन् एक अंशके गरम होनेसे जब वह गरम अंश फैलकर और हलका होकर ऊपर चला जाता है तब गरमी भी उसीके साथ साथ चली जाती है । उसी समय ठंडे स्थानसे ठंडी वस्तु भारी होनेके कारण गरमीके स्थानपर पहुँचकर गरम होती और ऊपर चली जाती है । इस तरह ताप गरम वहनेवाली वस्तुके साथ एक स्थानसे दूसरे स्थान-

में पहुँच जाता है। द्रव और वायव्य दोनों प्रकारके पदार्थ चहते हैं, इसी तरह गरमी फैलाते हैं और इसी गुणके सहारे गरम क्रिये जाते हैं। इसको परिवाहन (convection) कहते हैं। परिवाहनके द्वारा ताप नीचेसे ऊपरको जाता है।

(३) तीसरी प्रकारसे ताप सभी दिशाओंमें बिना किसी चम्तुके सहारे ही फैलता है और सब दिशाएँ गरम होती हैं। इसको विकिरण (radiation) कहते हैं। इसके द्वारा गरमी एक ठोससे दूसरे ठोसमें जिनसे कोई लगाव नहीं है पहुँचती है। सूर्यसे पृथ्वीतक गरमी इसी प्रकार आती है। इस ताप-संचालनमें यह कोई आवश्यकता नहीं कि माध्यम (medium) भी गरम हो जाय। सूर्यसे गर्मी आते समय सूर्य और पृथ्वीके अन्तरालमें व्यापक आकाश (ether) और धरतीके वायुमण्डलमें गरमी नहीं पहुँचती। हवा तो पृथ्वीकी गरमीसे गरम होती है।

अब प्रत्येकका वर्णन कुछ प्रयोगोंके साथ किया जायगा।

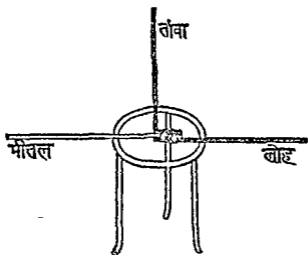
तापपरिचालन

प्रयोग ४३ से यह स्पष्ट हो चुका होगा कि कमरेमें रखे हुए सब वस्तुएँ साधारण अस्थानमें एक ही तापक्रमपर होती हैं, परन्तु स्पर्श करनेसे यह अनुभव होता है कि कोई वस्तु ठंडी है और कोई कुछ ठंडी और कोई न ठंडी न गरम। यह बात जाड़ेके दिनोंमें या गरमीके दिनोंमें विशेषकर पायी जाती है। कोई चीज इतनी ठंडी होती है कि हाथ बहुत देर तक रखा नहीं जा सकता—ऐसी चीजें अधिकतर धातुकी होती हैं। लकड़ी, ऊन इत्यादिमें यह नहीं पाया जाता। बात यह है कि रहती तो सभी वस्तुएँ एक ही तापक्रमपर हैं, परन्तु

यह तापक्रम जाड़ेके दिनोंमें शरीरके तापक्रमसे नीचा होता है और गर्मीके दिनोंमें शरीरके तापक्रमसे बहुत अधिक। इसका परिणाम यह होता है कि जिन वस्तुओंमें गर्मी शरीरसे बहुत शीघ्रताके साथ निकलकर चली जाती है वह ठंडा शीत होता है और जिन वस्तुओंमें तापका शीघ्रताके साथ से जानेका गुण नहीं है वह इतनी ठंडी नहीं मालूम होती। गर्मीके दिनोंमें वही वस्तुएँ अधिक गरम मालूम होती हैं। जाड़ेके दिनोंमें ठंडी मालूम होती है, क्योंकि इस समय इनमेंसे गर्मी बड़ी शीघ्रताके साथ निकलकर शरीरमें घुसने लाती है। इससे यह पता चलता है कि सभी ठोस वस्तुओंमें गर्मी एक ही चालसे नहीं परिचालन करता। जिनमें तापका परिचालन शीघ्रतापूर्वक होता है वह परिचालक (conductor) और जिनमें ताप बहुत कम परिचालन करता है उसको अपरिचालक (non-conductor) कहते हैं। परिचालकोंमें भी सोना सर्वोत्तम (best conductor of heat) ताप-परिचालक है, उसके पीछे चांदी और चांदीके पीछे तांबा, इत्यादिका नम्बर आता है। परिचालनकी तुलना करनेकी कुछ मोटी रीतिया यह हैं—

प्रयोग ५०—तांबा, पीतल और लोहेका एक एक छड़ जो लम्बाई और मोटाईमें बराबर हों लो। उनमेंसे किसी एक को एक क्लिपके एक इंचकी दूरीपर मोड़कर समकोण बना दो और तीनोंको तांबेके तारसे मोड़से मिलाकर कसकर बांध दो (चित्र ४३)। इनको लोहेकी त्रिपाईपर ऐसे रखो कि तीनोंका जोड़ केन्द्रमें पड़े। प्रत्येक छड़के नीचे कोई लकड़ी या और अपरिचालक वस्तुका डुकड़ा रख दो जिससे त्रिपदस्तम्भकी धातुसे स्पर्श नहीं हो सके नहीं तो कुछ ताप वहीसे त्रिपदस्तम्भ

में घुल जायगा। पिघला हुआ मोम पत्रसे तीनोंपर बराबर चुपड दो। जम जाय तब लम्पसे जोड़ो इस प्रकार गरम

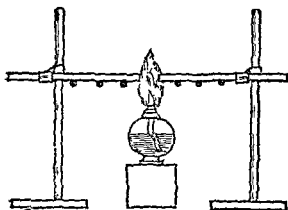


चित्र ४३

करो कि सब तारोंमें गरमीसमान लगे। जिस तारपरका मोम जल्दी दूरतक पिघल जायगा वह तीनोंमें सर्वोत्तम परिचालक है। उसके बाद वह होगा जिसमें गर्मी पहिलेसे कुछ मन्द चलती है, परन्तु तीसरेसे तेज। इसी प्रकार और पदार्थोंके परिचालकत्व (conductivity) की तुलना की जा सकती है।

प्रयोग ५१—ऊपरके दो सीधे तारोंका निकालकर कितारेसे समान दूरीपर पतला मोम चुपडकर एक ही पदार्थके और समान तौलकी कुछ गोलिया चिपका दो और स्तम्भोंके द्वारा इनको धरातलके समानान्तर एक सीधमें सिरोंको मिलाकर रखो, जिसमें दोनों समान भावसे गरम हो सकें

(चित्र ४४) और मोमके गलनेसे गोलियां नीचेकी ओर गिर सकें। गरम करनेपर जो अच्छा परिचालक होगा उससे चिपकी हुई गोलिया पहिले गिरना आरम्भ करेंगी।



चित्र ४४

मोमके द्वारा गो
लियाँ चिपकानेके
स्थानमें यदि प्रत्येक
छड़पर गरम किये
जानेवाले सिरासे स-
मान दूरीपर एक टुक
ड़ा (phosphorus)
फास्फोरस या प्रस्फुर
का रख दिया जाय तो

अच्छे परिचालकमें वह पहिले जल उठेगा। परिचालकत्वकी
कमी वेशी दिखानेके लिए एक विचित्र प्रयोग किया जाता है,
जिससे पता चलना है कि धातुकी अपेक्षा लकड़ी बहुत कम
परिचालक है। यों तो अनुभवसे सब जानते हैं कि जलती हुई
लकड़ीके न जलते हुए भागको जहां थाम लेते हैं, वहा आगमें
लाल लोहेके चीमटेका दूसरा सिरा भी थाम लेनेसे हाथ बिना
जले नहीं रह सकता। इस अनुभवसे तो स्पष्ट ही है कि लोहेमें
ताप बहुत चलता है और लकड़ीमें नहीं। यही हाल कांचका
भी होता है। कांच पिघलता रहता है और उस स्थानसे थोड़ी
दूरीपर हाथसे पकड़े रहते हैं।

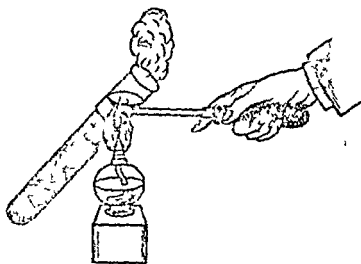
वह विचित्र प्रयोग यों किया जाता है—समान मोटाईके
दो बेलन एक पीतल वा ताम्बेका हो और दूसरा लकड़ीका
एक ही सीधमें सिरापर जड़ दो। कागजका एक पत्र लेकर
इनपर कसकर लपेटो जिसमें आधा कागज पीतलपर रहे और

अधा लकड़ीपर। अब यदि यह कसा हुआ कागज अग्नि-शिखामें रखा जाय तो कागजका वह भाग जो लकड़ीमें लगा हुआ है जलने लगेगा, परन्तु पीतल वा ताम्बेपर कसा हुआ कागज ज्योंका त्यों रह जायगा। इसका कारण यह है कि कागज या किसी वस्तुको जलानेके लिए उसको एक विशेष तापक्रम तक जिम्नको ज्वलन बिन्दु Ignition temperature कहते हैं, गरम करना पडता है। जो कागज लकड़ीमें लगा हुआ है वह अग्नि शिखामें जलने लगता है क्योंकि जो गरमी अग्नि-शिखासे लकड़ीमें आती है वह लकड़ीके अपरिचालकत्वके कारण भीतर यकसारगी घुस नहीं जाती वरन् ऊपर जमा होने लगती है जिससे कागजका तापक्रम बहुत बढ़ जाता है और कागज जलने लगता है। पीतलमें लगा हुआ कागज नहीं जलता क्योंकि जो गरमी पहुँचती है वह एक ही स्थानमें नहीं रहने पाती वरन् तुरन्त पीतलमें फैल जाती है, इसलिए जबतक सारा पीतल उस तापक्रम तक गरम न हो जाय जिसपर कागज जलना है तबतक कागज नहीं जलेगा।

इसी गुणके सहारे काचके वर्तन आचसे टूटनेसे बचाये जाते हैं। लोहेके तारकी जाली काचके वर्तनांके पेंदेके नीचे रखकर जालीके नीचेसे आच देते ह जिससे गरमी चारों ओर फैलकर लगती है। नहीं तो काचके अपरिचालकत्वके कारण एक ही स्थान बहुत गरम होकर फैलना चाहता और दूसरा गरमी न पाकर वैसा ही बना रहता और इस खींचा तानी में वर्तन टूट जाता। यदि घरतारकी जलती हुई गैसमें जालीका टुकड़ा ऊपरसे धीरे धीरे नीचे लाया जाय तो जालीके ऊपर वाली अग्नि शिखा कुछ देरके लिए बट जायगी क्योंकि

गरमी जालीमें फैल जाती है। कुछ ठेरमें जत्र जाली गरम होकर लाल हो जायगी तब ऊपर भी गैस जलने लगेगी मगर लौ उतनी लम्बी नहीं होगी। यदि घरनरके थोड़ी दूर ऊपर जाली थामकर गैस जलायी जाय तो जालीके ऊपर गैस जलेगी परन्तु नीचे नहीं, क्योंकि नीचेका तापक्रम जालीसे इतना नहीं बढ़ने पाता कि गैस जल उटे।

इसमें परिचालकत्व बहुत कम होता है। इसलिये इनको गरम करनेके लिए परिवहन से ही काम लिया जाता है। यदि कोई घरननके ऊपर आग रखकर पानी गरम करना चाहे तो



चित्र ४२

बहुत ज्यादा आंच देकर बहुत थोड़ा काम निकलेगा। नीचेसे गरम करनेमें बहुत जल्दी कुल पानी गरम हो जायगा। यह एक प्रयोगसे स्पष्ट हो जायगा।

प्रयोग ५२—एक परत नलीमें तीन चौथाई पानी भरें और कुछ मुकाकर (चित्र ४५) खिरेवाला पानी लम्पसे

गरम करके खौला डाला। पंशको छूकर देखो, ठंडा है। परन्तु जहाँ पानी खौलता था वहाँ अगुली रखना कठिन होगा।

तापपरिवाहन

प्रयोग ५३—एक गोल पेंदेवाले षांचके बरतनमें आधेसे अधिक पानी भरकर वैजनी रवेदार रंगका एक रवा उसमें धीरेसे गिरादो और बहुत छोटी लौसे पेंदेको गरम करो (चित्र ४६)। रगदार पानी षांचमें ऊपर उठेगा और बगलसे नीचे उतरने लगेगा। इससे पता चलता है कि गरम पानी ऊपर उठता है और ऊपरका ठंडा पानी बगलसे नीचे आता है। इस तरह लहरें पैदा होती हैं और इन्हींसे सारा पानी गरम हो जाता है।



चित्र ४६

इसी गुणके कारण ठंडे देशोंमें एक स्थानमें आग जलाकर उसकी गरमी सारे मकानमें गरम पानीके नलोंके द्वारा पहुँचाते हैं और मकानमें गरम रखते हैं। बड़ी पुस्तकोंमें इन बातोंका पूरा वर्णन मिलेगा।

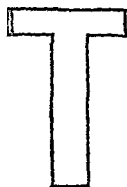
एक प्रयोग बड़ा विचित्र है जो सभी अपने घरोंपर कर सकते हैं। इसलिये उसका वर्णन करना आवश्यक है। दूध लचकदार कागजका एक टुकड़ा सन्दूक बनाकर उसमें तीन-चौथाई पानी भरो और चारों किनारोंमें डोरा बांधकर डट्टेमें लटका दो। अग्नि शिखासे पेंदेको छुलाते हुए मन्द आचले सन्दूक गरम करो, पानी उबलने लगेगा किन्तु कागज न जलेगा। कागज जलानेके लिये ऊँचे तापक्रमकी आवश्यकता पडती है, परन्तु जो गरमी कागजमें लगती है उसको उसके

आसवाला पानी गरम होकर ऊपर बहा ले जाता है। इस तरह पानी तो कुल गरम हो जाता है। परन्तु कागजके जलनेके लिए गरमी ही नहीं इकट्ठा हो पाती।

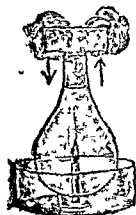
हवामें ताप परिवहन

यह नीचेके प्रयोगसे स्पष्ट हो जायगा।

प्रयोग ५४—आवश्यक वस्तुएँ—लम्पनी एक चिमनी, एक छोटी मोमबत्ती, कुछ मोटा कागज, कैंची, बीकरमें पानी और चपटे पेंदेका छिद्रलावर्तन।



चित्र ४७



चित्र ४८

मनी, एक छोटी मोमबत्ती, कुछ मोटा कागज, कैंची, बीकरमें पानी और चपटे पेंदेका छिद्रलावर्तन। कागज लेकर चित्र ४७ की तरह काट लो कि चिमनीके ऊपरी मुहमें दो मार्ग बनाता हुआ रखा जा सके।

खाली वर्तनमें मोमबत्ती रखकर जलाओ और इसको चिमनीसे घेर दो। बत्ती स्थिर होकर जलती रहती है। बीकरसे धीरे धीरे पानी इतना छोड़ो कि चिमनीका निचला मुह पानीके भीतर हो जाय। थोड़ी देरमें मोमबत्ती बुझ जायगी। मोमबत्ती जलाकर और चिमनीके ऊपरी मुहमें वही कटे हुए कागजके द्वारा दो मार्ग बनाकर बलती हुई मोमबत्तीको फिर घेर दो। इस धार मोमबत्ती बलती रहेगी, (चित्र ४८) बुझेगी नहीं, किन्तु लौ हिलती रहेगी स्थिर नहीं रहेगी, जिससे अनुमान होता है कि हवाका भौका जा रहा है। इसी दशामें यदि हाथ चिमनीके कुछ

ऊपर लाया जाय तो परदेको एक ओर बढो गरमी मालूम होगी । जिधर गरमी मालूम होती है उसी रास्तेसे गरम हवा निकल रही है । जिधर गरमी नहीं है उधरसे ताजी हवा भीतर जाकर बत्तीको जलनेमें सहायता पहुँचाती है । इस (convection current) परिवाहन धाराके कारण बत्ती हिलती है । इसकी परीक्षाके लिए एक वादामी कागजको कई पतोंमें तपेटकर एक सिरा जलाकर बुझा दो जिसमें कागज धीरे धीरे जले और धुआँ दे । इसी धुएँको चिमनीके कुछ ऊपर ले जाओ तो जिधर ठडक मालूम होती है उसी मार्गसे धुआँ चिमनीमें घुसता हुआ दीखेगा और जिधर गरम हवा निकलती है उसी तरफसे बाहर निकल आवेगा ।

पहली बार जब घर्तनमें पानी नहीं छोड़ा गया था हवा नीचे धीरे धीरे जाती थी, इसलिए ऊपर दो मार्ग बनानेकी आवश्यकता नहीं पडी ।

इस प्रयोगसे बहुतसे परिणाम नि जाले जा सकते हैं—

(१) हवा आने जानेके लिए कमसे कम दो मार्ग होने चाहिए ।

(२) चलनेकेलिए हवाकी आवश्यकता होती है ।

मकानको हवादार बनाना—बरसातके दिनोंमें सभी ठडी हवाके लिए तरस्ते ह परन्तु ठडी हवा यदि बाहर बहती भी हो तो कोठरीमें नहीं आने पाती, क्योंकि हवाके आने जानेकेलिए कमसे कम दो मार्ग आगने सामनेकी दीवारोंपर होने चाहिए, ओर कोठरियोंमें प्रायः एक ही दरवाजा होता है । परन्तु यह याद रहे कि दोनों मार्ग एक सीधमें न हों क्योंकि इससे हवाका भोका तो अवश्य आवेगा

परन्तु कोठरीकी सारी हवा शुद्ध नहीं होने पावेगी। भोजनमें हानि भी होगी। इसलिए हवाके लिए तरसनेवालों और अपने मस्तिष्कको ठीक रखनेवालोंको चाहिये कि अपने कमरामें कमसे कम दो मार्ग रखें। गरम हवाको बाहर ले जानेके लिए एक मार्ग छतके पास अवश्य हो क्योंकि गरम और बिगडो हुई हवा हलकी होनेके कारण ऊपर उठती है और ठडी भागी होनेके कारण नीचेके मार्गसे घुसती है। गरम हवा व ठडी हवा का वहना, (Gulf-stream) गल्फस्ट्रीम और (Anti-gulf-stream) एन्टी गल्फ स्ट्रीम, मानसून (monsoon), (trade winds) ट्रेड विन्ड्स इत्यादि परिवाहन धाराओंके उदाहरण है। यह धाराएं सूर्यके तापसे उठती हैं और संसारिक जीवनको उपयोगी बनाती हैं। उनका पूरा विवरण प्राकृतिक भूगोल तथा और बडी वैज्ञानिक पुस्तकोंमें मिलेगा।

ताप विकिरण

यह पहले ही कहा जा चुका है कि ताप विकिरण में ताप एक स्थानसे दूसरेपर बिना किसी माध्यम (medium) वा सम्बन्धके पहुँच जाता है और बीचका स्थान गरम भी नहीं होने पाता। ताप विकिरणमें ताप सदैव सीधी रेखा में फैलता है। इसीलिए धूपकी गरमीसे बचनेके लिए छाना और तेज आँचसे बचनेके लिए किसी परदेसे काम लिया जा सकता है। प्रयोग करके यह देखा जा सकता है कि काले और खुरदरे तलमें ताप विकिरणके द्वारा जल्दी गरमी पहुँच सकती है और चिकने वा चमकीले पदार्थोंमें बहुत धीरे धीरे। इसी तरह खुरदरे वा काले तलवाला पदार्थ जल्दी ठडा हो सकता है और चिकने तलवाला देरमें। यह विषय विस्तृत है इसलिए यहाँ इतनी ही चर्चा काफी होगी।

१३-रसायन विद्या

पदार्थोंके साधारण गुण

मिश्रता और समानतामें लाभ-सम्भारमें नाना प्रकारके पदार्थ हैं, परन्तु कोई बिना प्रयोजन नहीं है। हाँ, जो मनुष्य पदार्थोंके गुणोंको नहीं जानता, प्रयोजन नहीं समझता, अपने अज्ञानसे हानि उठाता और धोखा खा जाता है। इसमें बचना चाहे तो मनुष्य कमसे कम उन सब पदार्थोंसे तो पूरी जानकारी अर्पण करले जो उसके काममें आ रहे हैं या आगे आने-वाले हैं। ज्यों ज्यों मनुष्यका ज्ञान बढ़ता जाता है, उसके सामने साधारण पदार्थोंकी उपयोगिता बढ़ती जाती है। अग्नी बहुत शताब्दियों नहीं बीती है कि मनुष्य पत्थरका कोयला और उसके उपयोग नहीं जानता था। धीरे धीरे उसका प्रयोग बढ़ने लगा और लोग कहने लगे कि कोयलेने ही आजकलकी सभ्यताकी नींव डाली है। अब वैज्ञानिक सत्कारमें कोयलेसे जो जो काम लिये जाते हैं पहिले सपनेमें भी किसीने अनुमान न किया होगा। कोयलेकी उपयोगिता क्यों बढ़ गयी ? कोयलेके गुणोंकी परीक्षा करने और जानने से।

इसलिए यदि सत्कारके पदार्थोंकी उपयोगिता बढ़ानी हो तो उनके विषयमें अच्छी तरह खोज, विचार, मान और चिन्तनकी बड़ी ही आवश्यकता है। इसके लिए पहिला नियम यह है कि कभी भूलकर भी बिना सोचे हुए यह न कहो 'अमुक पदार्थ वास्तु व्यर्थ वा सरास है, वरन् उससे बड़ी प्रतिष्ठानी दृष्टिमें देखो और उसके गुणोंके जाननेका यत्न करो।

परन्तु कोठरीकी सारी हवा शुद्ध नहीं होने पावेगी। भोजनसे हानि भी होगी। इसलिए हवाके लिए तरसनेवाला और अपने मस्तिष्कको ठीक रखनेवालोंको चाहिये कि अपने कमरामें कमसे कम दो मार्ग रखें। गरम हवाको बाहर ले जानेके लिए एक मार्ग छतके पास अवश्य हो क्योंकि गरम और पिगटो हुई हवा हलकी होनेके कारण ऊपर उठती है और ठडी भागी होनेके कारण नीचेके मार्गसे बसती है। गरम हवा व ठडी हवा का बहना, (Gulf-stream) गल्फस्ट्रीम और (Anti gulf-stream) ऐन्टी गल्फ स्ट्रीम, मानसून (monsoon), (trade winds) ट्रेड विन्ड्स इत्यादि परिवाहन धाराओंके उदाहरण है। यह धाराएँ सूर्यके तापसे उठती हैं और सत्सारिक जीवनको उपयोगी बनाती हैं। उनका पूरा विवरण प्राकृतिक भूगोल तथा और बडी वैज्ञानिक पुस्तकामें मिलेगा।

ताप विकिरण

यह पहले ही कहा जा चुका है कि ताप विकिरण में ताप एक स्थानसे दूसरेपर बिना किसी माध्यम (medium) वा सम्बन्धके पहुँच जाता है और बीचका स्थान गरम भी नहीं होने पाता। ताप विकिरणमें ताप सदैव सीधी रेखामें फैलता है। इसीलिए धूपकी गरमीसे बचनेकेलिए छाना और तेज आँचसे बचनेकेलिए किसी परदेसे काम लिया जा सकता है। प्रयोग करके यह देखा जा सकता है कि काले और खुरदरे तलमें ताप विकिरणके द्वारा जल्दी गरमी पहुँच सकती है और चिकने वा चमकीले पदार्थोंमें बहुत धीरे धीरे। इसी तरह खुरदरे वा काले तलवाला पदार्थ जल्दी ठडा हो सकता है और चिकने तलवाला देरमें। यह विषय विस्तृत है इसलिए यहाँ इतनी ही चर्चा काफी होगी।

१३—रसायन विद्या

पदार्थोंके साधारण गुण

मित्रता और समानतासे लाभ-सम्भारमें नाना प्रकारके पदार्थ हैं, परन्तु कोई विना प्रयोजन नहीं है। हाँ, जो मनुष्य पदार्थोंके गुणोंको नहीं जानता, प्रयोजन नहीं समझता, अपने अज्ञानसे हानि उठाता और धोखा खा जाता है। इससे वचना चाहे तो मनुष्य कमसे कम उन सब पदार्थोंसे तो पूरी जानकारी अवश्य करले जो उसके काममें आ रहे ह या आगे आनेवाले ह। ज्यों ज्यों मनुष्यका ज्ञान बढ़ता जाता है, उसके सामने साधारण पदार्थोंकी उपयोगिता बढ़ती जाती है। अभी बहुत शताब्दियों नहीं बीती हैं कि मनुष्य पत्थरका कोयला और उसके उपयोग नहीं जानता था। धीरे धीरे उसका प्रयोग बढ़ने लगा और लोग कहने लगे कि कोयलेने ही आजकलकी सभ्यताकी नींव डाली है। अब वैज्ञानिक ससारमें कोयलेसे जो जो काम लिये जाते हैं पहिले सपनेमें भी किसीने अनुमान न किया होगा। कोयलेकी उपयोगिता क्यों बढ़ गयी? कोयलेके गुणोंकी परीक्षा करने और जानने से।

इसलिए यदि ससारके पदार्थोंकी उपयोगिता बढ़ानी हो तो उनके विषयमें अच्छी तरह खोज, विचार, मनन और चिन्तनकी बड़ी ही आवश्यकता है। इसके लिए पहिला नियम यह है कि कभी भूलकर भी बिना सोचे हुए वह न कहो अमुक पदार्थ वा वस्तु व्यर्थ वा खराब है, वरन् उसको बड़ी प्रतिष्ठाकी दृष्टिसे देखो और उसके गुणोंके जाननेका यत्न करो।

जिस विशेष इन्द्रियसे जो जो विशेष बात मालूम होती है वह सब एक साथ लिखना चाहिये, जैसे—

(१) आंखसे देखकर यह मालूम हो सकता है कि पदार्थ किस अवस्थामें है अर्थात् वह ठोस है वा द्रव वा वायव्य, उसका रंग क्या है, पारदर्शक है वा अपारदर्शक वा अल्पपारदर्शक, बड़े बड़े टुकड़े है वा चूरा है, रवादार है वा वे-रवा इत्यादि, बातें जो आंखसे प्रत्यक्ष हों, लिखो ।

(२) नाकसे सूँघ कर देखो उस पदार्थमें कोई गन्ध है वा नहीं, यदि गन्ध है तो तीक्ष्ण वा मधुर वा उग्र, गन्ध सुखकर है वा दुःखकर,

(३) छूनेसे मालूम होता है कि पदार्थ कडा है वा नरम, सूजा है वा गीला, चिकना है वा खुरदरा, ठंडा है वा गरम ।

(४) जीभसे चखकर देखा जाता है कि पदार्थ मीठा है वा खारा, वा नमकीन, खट्टा है वा फसेला वा कडवा । इस जांचके लिए पदार्थकी पहिले ही मुहमें न रख लेना चाहिए । पहिले बडों से और गुरु जीसे पूछकर यह जान लो कि पदार्थ चिपैला तो नहीं है वा इतना तीव्र तो नहीं है कि जीभको जला दे, क्योंकि बहुतसे पदार्थ घातक होते हैं । इसलिए कोई वे जाना हुआ पदार्थ छुओ तो हाथ अवश्य धो लो । इस अभ्यासके रखनेसे धोखा नहीं होता ।

(५) फिर और तरहसे जांचो, पीट कर देखो भजनशील है वा आघातवर्द्धनशील, लचीला है वा कठोर, स्थापक, इत्यादि ।

(६) देखो पानीके साथ है वा अघुल,

में छोड़नेसे ठडक पैदा होती है या गर्मी। पानी सोख जाता है या नहीं। पानीमें बैठ जाता है या उतरता है इत्यादि।

(७) एक छोटीसी परत नली वा घड़ियामें पदार्थको थोडासा रखकर धीमी आंचसे गरम करो और देखो धुआँ निकलता है या टुकड़े टुकड़े हो जाता है या पिघल जाता है या पानी छोटता है या रंग बदलता है इत्यादि। यदि धुआँ निकलता है तो धुएकी गन्ध कैसी है, यदि धीमी आंचसे पता न चले तो धीरे धीरे आंच बढ़ा दो और इन्हीं बातोंको देखो।

प्रयोग ५५—पदार्थोंकी पारस्परिक कठोरताकी तुलना। लोहा, लोहेकी कमानी, लकड़ो, सीसा, काच, स्फटिक, ताँबा, खडिया मिट्टी और मोमको रख लो। इनमेंसे कोई एक लेकर देखो वह किस किसपर खरोंचनेका चिह्न बना देता है और किन किनसे स्वयम् खरोंचा जाता है। जिनको यह खराचता है उनसे कठोर है। जिनसे खरोंचा जाता है उनसे मुलायम है। कठोर पदार्थोंको एक किनारे रखो, मुलायमको दूसरे किनारे और इसको बीचमें।

इन कठोर पदार्थोंमेंसे कोई एक उठाकर देखो कि कौन कौन कठोर है और कौन कौन नहीं, कठारोंको एक किनारे रखो, मुलायमोंको दूसरे किनारेपर और इसको बीचमें।

इसी प्रकार सबको एक दूसरेके पीछे पेसा लगा दो कि जो सबसे कठोर हो, वह पहले स्थानमें, जो पहलेसे मुलायम हो परन्तु औरोंसे कठोर हो वह दूसरे स्थानमें, जो इन दोनोंसे मुलायम हो परन्तु औरोंमें कठोर हो वह तीसरे स्थानमें रखा जाय, इत्यादि। अन्तमें वह आवे जो सबसे मुलायम हो।

कठोरताके विचारसे ऊपरवाली वस्तुएँ इस प्रकारसे रखी जायँगी—विल्लौरी पत्थर, काँच, कमानीदार लोहा, लोहा, ताँबा, सीसा, लकड़ी, सडिया और मोम ।

काँच लोहेसे कठोर होता है यद्यपि लोहे या लकड़ीके ठोकरसे काँच भङ्गनशील होनेके कारण टूट जाता है क्योंकि लोहेका खरोंचनेका चिन्ह काँचपर नहीं पडता वरन् काँचका लोहेपर पड जाता है ।

ससारमें सबसे कठोर वस्तु हीरा (diamond) है जो हथोड़ीसे तोडा जा सकता है परन्तु किसी पदार्थमें खरोंचा नहीं जा सकता । काँचके टुकड़ोंको सीधा काटनेके लिए हीरेकी कलमसे काम लेते हैं । इस कलममें एक छोटासा हीरेका टुकड़ा जडा रहता है जिससे काँचकी चहरोँपर सीधी रेखाएँ खींच लेते हैं । इस इन्ही रेखाओंपरसे काँचको तोडते हैं ।

यदि कई पदार्थ जाँचकेलिए दिये जाँय और उनके साधारण गुण पूछे जाँय तो माने बनाकर लिखनेसे बहुत स्पष्टता हाँगी, जैसा अगले पृष्ठपर दिये हुए खानोंमें प्रकट होगा—

मान लो विल्लौरी पत्थर, काँच, कमानीदार लोहा, ताँबा, सीसा, लकड़ी और मोमके साधारण गुण जाँचने हैं ।

इसी तरह और पदार्थोंकी भी सारिणी बनायी जा सकती है ।

दैनिक कामोंमें आनेवाली बहुतसी वस्तुओंको जैसे नमक, सोडा, नौसादर तूतिया, हीरा कसीस, शोरा, गन्धक, चूना, घालू, सडिया मिट्टी, इत्यादिकी जाँच करो और देखो इसमें क्या भेद है ।

परन्तु नलीमें नौसादर वा शोरा थोडा सा रखकर पानी छोड़नेपर मालूम होगा कि पानी कुछ ठंडा हो जाता है ।

पदार्थका नाम	देतनेमें	सू. पनेमें	छूनेमें	चयनेमें	पानीके साथ	गर्मीके साथ	और ताप-रय गुण	किस काममें आता है ?
१-बिड़ौरी पत्थर	ठीस, पार-दशक,	निर्गंध	चिकना कठोर	स्यद रक्षित	अधुन	टूट जाता है	भक्षणशील	ऐनक बनाये जाते हैं
२ लौहा	ठीस, अपार दशक, मटमैवा रग, रगडो पर चमकी-का साकी-	निर्गंध	चिकना का लुर-बुरा कठोर	स्यद रक्षित	अधुन	लान गरम होकर पिघ-लने लग जा-ता है	कुछ कुछ पीघा जा सकता है तार लींचा जा सकता है। मुर्चो नग जाता है।	भाति भाति के श्रल शल बनाये जाते हैं।

(oil of vitriol) कहते हैं। परन्तु यह तेल कदापि नहीं है। यह गंधकाम्ल या गंधकका तेजाव है जो अधिक परिमाणमें लोहा और गंधकके एक खनिज पदार्थसे बनाया जाता है। एक बूँदमें थोडासा पानी मिलाकर चखनेसे पट्टा मालूम होता है। ईटके रगवाला हीराकसीस अनार्द्र हीराकसीस नहीं कहा जा सकता है क्योंकि इसमेंसे केवल पानी ही नहीं निकल गया है वरन् गंधकाम्ल भी उड गया है। यह बचा हुआ पदार्थ मोरचा ही है। यदि सब तेजाव न निकला होगा तो कुछ इसका अंश भी छूटा होगा। इसके जाननेके लिए थोड़ीसी टडी रगीन धुकनीको हाथमें रखकर एक वा दो बूँद पानी मिलाओ। मलनेपर बड़ी गरमी मालूम होगी, जैसा तेज गन्धकके तेजाव और पानीके मिलनेपर गरमी निकलती है।

बरसातमें नमक गीला हो जाता है। इसका कारण यह है कि बरसातमें हवा गीली होती है अर्थात् उसमें जल-वाष्प बहुतायतसे होता है, और नमकमें जल वाष्पके सोखनेका गुण होता है, इसलिए नमक पसीज उठता है। ऐसे पदार्थोंको जो हवासे जलवाष्प सोखकर पसीज उठते हैं (deliquescent) पसीजनेवाले कहते हैं और इस क्रियाको (deliquescence) पसीजन कहते हैं।

जिन पदार्थोंमें रवेका जल बहुतायतसे होता है वे हवामें रवे जायें तो कुछ जल उड जाता है और ऊपरी तल अनार्द्र हो जाता है। इसलिए चाहरी रूप वैसा ही वे रवा वा अरूप हो जाता है जैसे किसी दीवार वा पृथ्वीमें नोना लगा हो। इस क्रियाको नोना लगना (efflorescence) कहते हैं वात सोडाके रवेमें विशेषकर पायी जाती है। इसी

कारण मामूली सोडा रवादार नहीं पाया जाता। तृतीयदृष्ट्यादिमें थोड़ी बहुत यही बात पायी जाती है।

अभ्यासार्थ प्रश्न-१६

(१) यदि पाच पदार्थोंको कठोरताके विचारसे श्रेणीबद्ध करना हो तो क्या करोगे ?

(२) कैसे पदार्थोंको घुलनशील करते हैं ? घुलनशील पदार्थोंके चार उदाहरण दी।

(३) दुनियामें सबसे कठोर पदार्थ क्या है ? इसके बारेमें तुम क्या जानते हो ?

(४) पाच पारदर्शक और तीन अपारदर्शक पदार्थोंके नाम लिखो।

(५) रन्ध्रयुक्त पदार्थ किस काममें लाये जाते हैं ?

(६) खडिया मिट्टी और चूनेके बारेमें जो कुछ जानते हो लिखो।

(७) फिटकरीमें रनेके पानीका होना कैसे जाचोगे ?

(८) नीचे लिखी वस्तुओंपर गमना का क्या प्रभाव पड़ता है—तृतिया, नौसादर, बालू, नमक, और मगनीसियम ?

घुलनशीलता

किसी किसी कुएँका पानी खारी होता है। इसके कारणपर विचार करना चाहिये। कारणको जाननेके लिए यह देखना चाहिये कि किन किन और कहाँ कहाँके कुओंका पानी खारी है। यह बहुधा देखा गया है कि पुगने शहरों और पुरानी पुरानी वस्तियोंमें जो कुआँ रोदा जाता है वह खारों पानीका निकलता है। जये वसे दुएँ गाँवों और मैदानोंमें खारी पानीका कुआँ कहीं देखनेमें नहीं आता। इनमें समझ पड़ता है कि शहरोंमें सडकों शम्नादिके कारण जो खारों पदार्थ रासायनिक क्रियाओंसे बन जाते हैं, वरदिके पानी द्वारा नीचे घुस जाते हैं और कुओंके पानीमें मिल जाते हैं, यद्यपि

सूखी हुई (residue) तलछट के साथ तोल लो। दोनों तोलोंका अन्तर उस सारे पदार्थका भार है जो ५० वा १०० घन सेंटीमीटर पानीमें घुला हुआ है। तोलोंको इस प्रकार लिखो—

तलछटके साथ प्यालीकी तोल	. ग्राम
खाली प्यालीकी तोल	. ग्राम
तलछटकी तोल =	. ग्राम

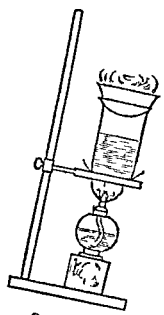
५० वा १०० घन सेंटीमीटर खारी पानीमें घुले हुए पदार्थकी तोल = .. ग्राम और १००० घ० सें० मी० खारी पानीमें ग्राम। यह प्रति लीटर पानीमें खारी पदार्थकी तोल हुई।

यदि तोलके हिसाब घुले हुए पदार्थका परिमाण जानना हो तो पानीको भी तोल लेना होगा, क्योंकि सब पानीभी तोल प्रति घन सें० मी० एक ग्राम नहीं होती।

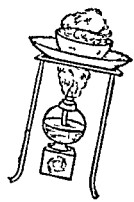
यह नही समझ लेना चाहिये कि जो पानी खारी होता है उसीमें घुला हुआ पदार्थ पाया जाता होगा और मीठे पानीमें नहीं। जितने प्रकारके पानी भूमिपर पाये जाते है सबमें कुछ न कुछ घुला हुआ पदार्थ रहता है। किसीमें इतना घुला रहता है कि यह खारी हो जाता है और किसीमें कम वा किसीमें ऐसे पदार्थ घुले रहते हैं जो स्वयम् खारी नहीं होते, इसकी परीक्षा किसी मीठे पानीको लेकर प्रयोग ५६ की किसी विधिके अनुसार की जा सकती है।

यदि ऐसी जल कुडी न हो तो इसका काम एक साधारण बीकरसे लिया जा सकता है। बीकरको जालीपर त्रिपदस्तम्भ के ऊपर रखो और आधा पानी भर दो। इसी बीकरके मुँह

पर उस प्यालीको रख दो जिसका पानी खुलाना है।
चित्र ५१)।



चित्र ५१



चित्र ५२

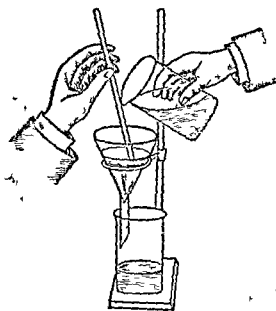
कभी कभी बालुका यन्त्रके द्वारा भी प्यालीमें पानी सुखाया जा सकता है। किसी लोहेकी तिपाईपर लोहेका एक पतला तवा रखो और उसपर इतनी बालु फैलाओ कि एक चौथाई इंच मोटी तह हो जाय। इसी पर प्याली रखो और नीचेसे तवेको आंच दो। बालुके द्वारा प्यालीमें गर्मी समान लगेगी और सूखनेके समय यदि आंच अत्यन्त तेज न हुई तो पानी छिटक न सकेगा। (देखो चित्र ५२)।

प्रयोग ५७—यह परखना कि पानीमें टोस पदार्थक घुलनेसे घोलका स्वच्छ पानीके घनत्वसे कम हाता है वा अधिक।
एक बीकरमें २० ग्राम नमक दूसरेमें उतनी ही शुद्ध तीसरेमें उतना ही नौसाडर रखो और प्रत्येकमें १००

ऊपरसे कीप और छन्ना कागजके बीचमें होकर नीचे गिर जायगा और छुने हुए द्रवको गन्दा कर देगा। इसलिए कुछ छन्ना कागज अवश्य खाली रखना चाहिये।

नीचेवाला वीकर यदि कीपकी नलीके बीचों बीच होगा तो घोल गिरते समय कुछ छिटकेगा, इसलिए इस नलीको भी वीकरकी बगलमें छुला देते हैं जिससे बिना किसी शब्दके वीकरकी भीतसे लगकर बहता हुआ घोल वीकरमें भरता जाता है। यह सब बातें चित्र ५४ से प्रकट होती हैं—

जो स्वच्छ घोल छनकर नीचेके वीकरमें आता है उसको छना हुआ घोल या छना कहते हैं।



चित्र ५४

प्रत्येक छुनेना घनत्व जिस विधिसे चाहो निकाल लो। यह मालूम हो जायगा कि घोलका घनत्व घोलकसे सदैव अधिक होता है।

प्रयोग ५८—

पदार्थोंकी घुलनशीलता परखना।

नमक, तृतीया, शकर इत्यादिकी घुलनशीलता परखनेमें कोई विशेष भ्रंश नहीं करना पडता,

क्योंकि इन सबके घोल या तो घुलनशीलके रंगके हो जाते या उसी स्वादके हो जाते हैं या पानीमें छोडनेसे कुछ

कम हो जाते हैं, परन्तु बहुत से पदार्थ ऐसे हैं जिनकी घुलन-शीलता आँवोंसे या जीभसे नहीं पहिचानी जा सकती क्योंकि वे घुलनशील तो अवश्य होते हैं परन्तु बहुत कम परिमाणमें और घोलमें कुछ स्वाद भी नहीं मिलता। बहुतसे विलकुल नहीं घुलते। ऐसे पदार्थोंकी घुलनशीलता यों जाचो—

एक बीकरको (distilled) स्रवित* जलसे दो तीन बार धो लो। इसी बीकरमें २५, ३० घन सें० मी० स्रवित जल लेकर उस पदार्थको बुकनी करके छोड़ो जिसकी घुलनशीलता परखनी हो। काच कलमसे कुछ देरतक हिलाते रहो। इसने बाद साफ तुली हुई प्यालीमें छानकर जल कुडीपर गरम करो और पानी सुखा डालो। सूख जानेपर यदि पदार्थ घुलनशील है तो अवश्य तलीमें कुछ धंटा हुआ दाँसेगा। प्यालीका बाहरी तल पोंछकर और सुखाकर तोलनेसे मालूम हो जायगा कि कितना पदार्थ कितने पानीमें घुलता है।

इसी तरह चूना, खडिया, बलुआ पत्थर, और गन्धककी घुलनशीलता जाचो।

क्या पानीम अनघुन पदार्थ और किसी द्रवम घुल जात है ?

लाख, गन्धक या कपूर पानीमें नहीं घुलते। पिड़ने पदार्थसे पानीमें कुछ सुगन्ध अवश्य फेल जाती है। फिर अर्क—कपूर जो हंजेकी बडी अच्छी ओपधि है या वार्निश जिसमें लाख पडा रहता ह कैसे बनाये जाते हैं ?

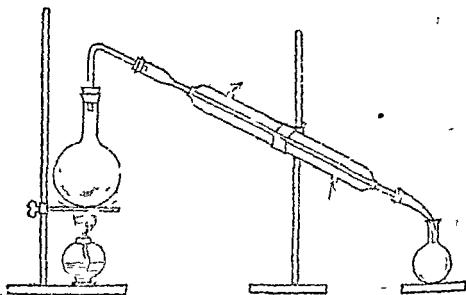
अल्कोहल या मद्यसारमें अथवा साधारण स्विटिमें लाख या कपूर घुल जाता है जिसकी परीक्षा परख नलीमें थोड़ा सा अल्कोहल और एक छोटा कपूरका टुकटा छोड़कर

* इसके बनानेकी रीति आगे बतनायी जायगी।

में उड़ेल दो। भेज़ पर या प्याली में उड़ेलनेसे लकड़ोंके जलने या प्यालीके टूटनेका भय रहता है। जो गन्धक घरियामें रह जायगा सुईकी तरह लम्बे रवोंके रूपमें दीयेगा। इनको (needle-shaped crystals) सूक्ष्माकार रवे कहते हैं। इस कामके लिए एक विशेष प्रकारकी कड़ी मिट्टीकी घरिया काममें लयी जाती है। कुम्हारोंकी दियालोंसे भी यह काम लिया जा सकता है।

द्रवको टपकाना

घुलनशीलता परबनेके लिए अश्वित जलका ही प्रयोग करना बतलाया गया है क्योंकि अश्वित जल बिलकुल शुद्ध रहता है अर्थात् इसमें कोई घुलनशील पदार्थ नहीं मिला रहता। इसके बनानेकी रीति यह है (चित्र ५५) —



चित्र ५५

इस चित्रमें कुप्पी जालीपर रखी हुई दिखनायी गयी है। प्रयोग करते समय दृष्टेमें अगुज़ लगाकर कुप्पीकी गर्दन जकड़ देनी चाहिये नहीं तो गिर जायगी।

- १-कुप्पीके लिए डट्टा, चगुन आर छल्ला ।
- २-स्पिरिट लम्प ।
- ३-कुप्पी जिसमें पानी या द्रव खोलाते ह अर्थात् देग ।
- ४-कुप्पीके कागर्म कसी हुई वाष्प लेजानेवाली कांच नली ।
- ५-वाष्प जमानेवाली नली (condenser) या भभका आर उसके थामनेका चगुल आर डट्टा ।
- ६-टपकते हुए पानीको इकट्ठा करनेका बर्तन ।

कुप्पीमें पानी भरकर खोलाते हैं । भाप उडकर जमानेवाली नली (condenser) या भभकेमें आती है । यह नली बहते हुए पानीसे बराबर ठडी रखी जाती है । यहा ठड पाकर भाप जमकर पानी हो जाता है और दूसरे मुहस बर्तनमें टपकने लगता है । इसीको (distilled water) स्रवित जल वा टपकाया हुआ पानी कहते हैं । ऐसे जलमें कोई धुला हुआ ठोस पदार्थ नहीं रह जाता । दो चार दिन तक जब पानी बरसता रहता है, बुलनेवाले पदार्थ जो हममें रहत ह सब बुलकर पृथगीपर चते आते हैं । ऐसे समय आकाशका पानी इम्ट्टा किया जाय तो उसमें बुलनशील पदार्थ बहुत ही कम पाय जायेंगे । इसलिए वह स्रवित जलके समान समझा जा सकता है ।

स्रवित-जलमें उडनेवाला पदार्थ अशुभ्य धुला हुआ मिलेगा, क्योंकि यह ठोस पदार्थोंकी भांति तलछटमें नहीं रह जायगा, बरन् भापके साथ उडकर पानीके ही साथ रहेगा । इसी सिद्धान्तपर वैद्य और अचार औषधियाका अर्क, गुलाब-जल, इत्यादि तैयार करते हैं । उनके टपकानेके यन्त्र, देग, भभका इत्यादि ऐसे बनाये जाते हैं जिनमें ठडा करनेके

लिए पानी बार बार बदलना पड़ता है, क्योंकि प्रत्येक स्थान-में पानीका नल नहीं होता जिसके बिना ठंडा पानी बहता हुआ नहीं रख सकते।

इस रीतिसे शुद्ध किया हुआ पानी केवल उन्हीं प्रयोगोंमें काममें लाया जाता है जो पानीमें घुलनशील पदार्थोंके रहनेसे विगड जाते हैं। रासायनिक विश्लेषणमें (chemical analysis) इसका बहुत काम पड़ता है।

पीनेके लिए जो पानी शुद्ध किया जाता है उसमेंसे घुलन-शील पदार्थोंके निकालनेका यत्न नहीं किया जाता। पानीकी तैरती हुई गन्दगी ही दूर की जाती है जिसके लिए पानीको बालूके द्वारा छानते हैं। जो पानी बालूमेंसे छुनकर नीचे आता है उसमें तैरती हुई गन्दगी नहीं रहने पाती क्योंकि वह बालूमें फँस जाती है।

साधारणतः पानीको कुछ देरतक रखा रहने देते हैं। जब गन्दगी नीचे बैठ जाती है, ऊपरका पानी निथार लेते हैं अर्थात् धीरे धीरे उँडेल लेते हैं जिसमें तलबूट न हिलने पावे। इस क्रिया को निथारना (decantation) कहते हैं।

परन्तु यदि पानीमें किसी प्रकारकी दुर्गन्धि हो तो पानी-को बिना उवाले हुए कदापि न पीना चाहिये। उवालनेसे दुर्गन्धि पैदा करनेवाला विकार नष्ट हो जाता है और पानी पीनेसे कोई हानि नहीं पहुँचा सकता।

मिश्रण

प्रयोगमें यह अच्छी तरह बतलाया जा चुका है कि यदि कोई अनघुल पदार्थ किसी घोलमें मिला रहता है तो, वह

झानकर अलग किया जा सकता है। इसी तरह कोई दो पदार्थ जिनमें से एक अनघुल हो मिले रहें तो अलग किये जा सकते हैं ऐसे दो वा अधिक मिले हुए पदार्थोंकी मिलावटको (mechanical mixture or mixture) साधारण मिश्रण वा केवल मिश्रण कहते हैं। मिश्रणमें प्रत्येक पदार्थ अपने भौतिक गुणोंको कायम रखता है। और एक दूसरेसे थोड़े ही परिश्रममें अलग किया जाता है। यदि मिश्रणके पदार्थोंके गुण एक दूसरे से बहुत भिन्न हों तो अलग करनेकी क्रिया और भी सरल हो जाती है, जेसा नीचेके प्रयोगोंसे स्पष्ट हो जायगा—

प्रयोग ६१—गालू और नमकके मिश्रणमेंसे प्रत्येकको अलग करना।

मिश्रणको एक बीकरमें रखकर इतना सखित जल छोड़ो कि मिश्रणके ऊपर १ वा २ सेंटीमीटर ऊंचा पानी हो जाय। बीकर इतना घड़ा चुनो कि आधेसे अधिक स्थान मिश्रणसे ही न घिर जाय। काचकी कलमसे चलाओ और घालु कायत्रमें गरम होनेके लिए रख दो। थोड़ी थोड़ी देरमें चलाते जाओ। गरम करनेसे बहुत सा नमक घुल जायगा और छत्रा कागजमें भी जल्दी छुनेगा। जबतक बीकर गरम हो रहा हो, छत्रा कागज मोड़कर कीपमें बैठा कर भिगो लो और कीप-दानपर वा डट्टेके छल्लेमें रख दो और कीपके नीचे एक स्वच्छ बीकर छुने हुए घोलको जमा करनेके लिए रखो। बायें हाथसे बीकर और दहिने हाथसे काच कलम पकड़कर ऊपरका पानी धीरे धीरे कलमके सहारे कीपमें निथारते जाओ। छत्रेपर इतना घोल न डाल दो कि कागजके सिरे तक पहुँच जाय। 50° श अथवा 60° श तक घोल गरम रहे तो जल्दी छुनता है।

इसी तरह दो, तीन, वा ४ घार योंडा घोडा पानी बीकरमें

लिए पानी धार धार बरदलना पड़ता है, क्योंकि प्रत्येक स्थान-में पानीका नल नहीं होता जिसके बिना उडा पानी बहता हुआ नहीं रख सकते।

इस रीतिसे शुद्ध किया हुआ पानी केवल उन्हीं प्रयोगोंमें काममें लाया जाता है जो पानीमें घुलनशील पदार्थोंके रहनेसे बिगड़ जाते हैं। रासायनिक विश्लेषणमें (chemical analysis) इसका बहुत काम पड़ता है।

पीनेके लिए जो पानी शुद्ध किया जाता है उसमेंसे घुलन-शील पदार्थके निकालनेका यत्न नहीं किया जाता। पानीकी तैरती हुई गन्दगी ही दूर की जाती है जिसके लिए पानीको बालूके द्वारा छानते हैं। जो पानी बालूमेंसे छनकर नीचे आता है उसमें तैरती हुई गन्दगी नहीं रहने पाती क्योंकि वह बालूमें फँस जाती है।

साधारणतः पानीको कुछ देरतक रखा रहने देते हैं। जब गन्दगी नीचे बैठ जाती है, ऊपरका पानी निथार लेते हैं अर्थात् धीरे धीरे उँडेल लेते हैं जिसमें तलछट न हिलने पावे। इस क्रिया को निथारना (decantation) कहते हैं।

परन्तु यदि पानीमें किसी प्रकारकी दुर्गन्धि हो तो पानीको बिना उवाले हुए कदापि न पीना चाहिये। उवालनेसे दुर्गन्धि पैदा करनेवाला विकार नष्ट हो जाता है और पानी पीनेसे कोई हानि नहीं पहुँचा सकता।

मिश्रण

प्रयोगमें यह अच्छी तरह बतलाया जा चुका है कि, यदि कोई अघुल पदार्थ किसी घोलमें मिला रहता है तो वह

छानकर अलग किया जा सकता है। इसी तरह कोई दो पदार्थ जिनमें से एक अनघुल हो मिले रहें तो अलग किये जा सकते हैं ऐसे दो वा अधिक मिले हुए पदार्थोंकी मिलावटको (mechanical mixture or mixture) साधारण मिश्रण वा केवल मिश्रण कहते हैं। मिश्रणमें प्रत्येक पदार्थ अपने भौतिक गुणोंको कायम रखता है। और एक दूसरेसे थोड़े ही परिश्रममें अलग किया जाता है। यदि मिश्रणके पदार्थोंके गुण एक दूसरे से बहुत भिन्न हों तो अलग करनेकी क्रिया और भी सरल हो जाती है, जैसा नीचेके प्रयोगोंसे स्पष्ट हो जायगा—

प्रयोग ६१— गालू और नमकके मिश्रणमेंसे प्रत्येकको अलग करना।

मिश्रणको एक बीकरमें रखकर इतना सखित जल छोड़ो कि मिश्रणके ऊपर १ वा २ सेंटीमीटर ऊंचा पानी हो जाय। बीकर इतना बड़ा चुनो कि आधेसे अधिक स्थान मिश्रणसे ही न घिर जाय। काचकी कलमसे चलाओ और बालुकायत्रमें गरम होनेके लिए रख दो। थोड़ी थोड़ी देरमें चलाते जाओ। गरम करनेसे बहुत सा नमक घुल जायगा और छत्रा कागज भी जल्दी छुनेगा। जबतक बीकर गरम हो रहा हो, छत्रा कागज मोड़कर कीपमें वैठा कर भिगो लो और कीप-दानपर वा डट्टेके छत्रलेमें रख दो और कीपके नीचे एक स्वच्छ बीकर छुने हुए घोलको जमा करनेके लिए रखो। बायें हाथसे बीकर और दहिने हाथसे कांच कलम पकड़कर ऊपरका पानी धीरे धीरे कलमके सहारे कीपमें निथारते जाओ। छत्रेपर इतना घोल न डाल दो कि कागजके सिरे तक पहुँच जाय। 40° श अथवा 60° श तक घोल गरम रहे तो जल्दी छुनता है।

इसी तरह दो, तीन, वा ४ बार थोड़ा थोड़ा

३ ग्रामके लगभग लोहेका घुरादा और दो ग्राम गन्धक लेकर परखनलीमें छोड़ो और पहिले धीमी आंचसे गरम करके फिर आंच बढ़ा दो। कुछ देरमें लोहा और गन्धकका रासायनिक संयोग होगा। ऐसा होते समय लोहा जल उठेगा और चमकने लगेगा और संयोग हो चुकनेपर क्रिया शान्त हो जायगी।

ठंडा करके इस यौगिकको परखनलीसे अलग कर लो और देखो अथ भी लोहा चुम्बकसे खिंच आता है या नहीं।

यदि कुछ लोहा खिंच आता है तो इससे यह मालूम होता है कि गन्धक कम था और लोहा अधिक जिससे सब लोहा गन्धकसे नहीं मिल सका है।

लोहा और गन्धकके इस यौगिकको अयर्न सल्फैड (iron sulphide) वा लौह गंधिद कहते हैं। इसमें जरा सा नमक वा गन्धकका तेजाव छोड़ देनेसे बड़ी दुर्गन्धयुक्त गैस निकलती है जो दांअन्नो, चवन्नी वा पैसेको काला कर देती है और हैड्रोजन सल्फैड वा उज्जन गंधिद कहलाता है।

प्रयोग ६७—शोरा और कोयलेके चूर्णका मिश्रण गरम करना। इसको गरम करनेमें बड़ी सावधानीसे काम लेना होगा, क्योंकि इसमें रासायनिक संयोग होते हुए आग उडकर बाहर भी निकल पड़ती है। इसलिए परखनलीको (test tube holder) परखनली थमनेसे पकड़ना चाहिये और परखनलीके मुँहको उस ओर कर लेना चाहिये जिधर कोई जलनेवाली वस्तु वा आदमी न हों।

शोरा और कोयलेके चूर्णमें गन्धकका चूर्ण मिला दिया तो बारूद बन जाय। इसीलिए बारूदके जलानेपर

रासायनिक संयोग

गंधकके जलनेकी गन्ध आती है। यह प्रयोग लडकोंको न करना चाहिये। इसमें जोखिम है। शोरा और कोयला या गंधक मिलाकर कभी पोसना भी न चाहिये। इनका चूर्ण अलग अलग घनाया जाता है, तब मिलाते हैं।

प्रयोग ८८—तूतियेके घोलमें लोहेकी फोई धनु रखनेसे क्या होता है।

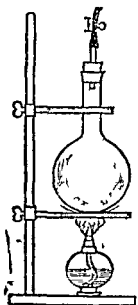
तूतियेका घोल बनाकर उसमें लोहेकी एक साफ चमकती हुई कील छोड़ दो। थोड़ी देरमें उठा कर देखो। कीलके ऊपर तांबा चढा हुआ मालूम होगा। यदि कील बहुत बड़ी हो और तूतियेका परिमाण बहुत कम तो घोलका रंग भी बदल जायगा। तूतियेके घोलका रंग तो था नीला परन्तु इस नये घोलका रंग हरा सा दोखता है। यदि कील निकाल लो जाय और यह घोल हममें बहुत देरतक रखा रहे वा गरम कर दिया जाय तो घोलमें कुछ कुछ भूरापन दोल पड़ेगा। यह बात हीराकसोसके घोलमें पायी जाती है। इससे पता चलता है कि तूतियेके घोलका कुल तांबा कीलवाले लोहे पर चढ गया और तांबेके स्थानमें कीलका लोहा निकलकर घोलमें मिल गया, जिससे हीराकसोस बन गया। इसमें रासायनिक प्रयोग और संयोग दोनों हुए। तांबेका तूतियामें अलग होना रासायनिक प्रयोग और लोहेका तांबेके स्थानमें हो जाना रासायनिक संयोग हुआ।

इन रासायनिक क्रियाओंके पहिले तूतियेका घोल और लोहा लिये गये थे परन्तु अन्तमें हीराकसोसका घोल और तौया रहे। इसी बातको (equation) समीकरण के रूपमें यों प्रकट करते हैं—

वायुमंडल या वातावरण (atmosphere) कहते हैं। यद्यपि मालूम होता है कि वायुमंडल एक ही पदार्थका बना हुआ है इसमें है बहुतसे वायव्य पदार्थ, जिनमें ओपजन (oxygen) और नत्रजन (nitrogen) मुख्य हैं। मोटे हिसाबसे इसमें ४ भाग नत्रजन और एक भाग ओपजन होते हैं।

वायुका भार या गुस्त्व—प्रयोगों द्वारा यह सिद्ध किया गया है कि वायुमें भी भार होता है जिसके जाननेकी मोटी रीति यह है—

प्रयोग ६६—एक दो सौ वा तीन सौ घन सेंटीमीटर-वाली कुप्पीमें रबर-काग अच्छी तरह कस कर लगाओ। छेदमें एक कांच नली २॥ वा ३ इंच लम्बी खूब कसकर पहिनाओ; पानीमें भिगो लेनेसे आसानी पड़ेगी। नलीके बाहरी सिरेमें



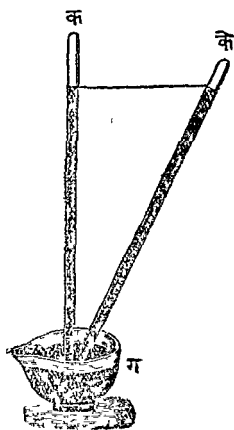
चित्र ५६

एक दृढ़ और मोटी रबर-नली दो तीन इंच लम्बी लगाओ और इस नलीको भी बन्द कर देनेके लिए एक चुटकी (clip) पहिना दो। गर्दनमें तारका एक फन्दा बनाकर लगा दो, जिसके द्वारा तुलाके हुकमें यह कुप्पी लटकानेकी तैयारी जा सके। इस कुप्पीमें आधी छटांक पानी रखकर डट्टेके छल्लेपर तारकी जाली बिछाकर रख दो और गर्दनको भी चगुलमें कसदो (चित्र ५६)। बहुत छोटी लीसे पानीको गरम करो। जब पानी दस मिनट तक उबलता रहे, रबर-नलीको चुटकीसे

दबा दो। उबलने हुए पानीकी भाप कुप्पीकी भीतर गाली हवाको भगा ले जाती है। जब कुप्पीबिलकुल ठंडी हो जाय, घाड़ो तल पोंछ कर मुजा लेनेके पीछे तुला दडके हुकमें लटका कर तोल लो। तोलनेके बाद चुटकी ढीली करके फाँव-नलीमें लगा दो, जिससे कुप्पीके भीतर हवा जानेका रास्ता खर-नलीके खुल जानेसे हो जाय। चुटकी ढीली करते ही हवा 'फुस्' शब्द करती हुई भीतर घुस जायगी और इस थोरका पलडा भारी हो जायगा। देखो कितना भार घुसी हुई हवाके कारण अधिक हो जाता है। यही घुसी हुई हवाका भार है। अब यदि यह मालूम कर लिया जाय कि घुसी हुई हवाके स्थानमें कितना पानी भरा जा सकता है तो यह भी मालूम हो जाय कि धमुक आयतनको हवाका भार कितना होता है। अधिक शुद्धताके साथ भार नापना हो तो तापक्रम और वाप-बलको (vapour tension) जानकर अधिक गणना करनेकी आवश्यकता पडती है, जिसकी रीति इस छोटी से पुस्तकमें नहीं दी जा सकती।

वायुमण्डलका घाप या दबाव—किसी भारी चीजको हाथमें लेने या शरीरपर रखनेसे उसका दबाव मालूम होता है। हम देख चुके हैं कि हवामें भी भार है। इसलिये हवा भी एक भारी चीज है। इसका भी दबाव होना चाहिये। परन्तु प्रत्यक्ष तो यह मालूम होता है कि हवाके कारण हम लोगोंको कुछ भी दबाव नहीं मालूम होता। इसका कारण क्या है? विचार करनेसे मालूम हो सकता है कि जिस वस्तुका दबाव मालूम होता है वह ऊपर ही रहती है और दबने वाली चीज या शरीरका कोई अग नीचेही और। परन्तु दबानेवाली हवा नीचे, ऊपर, दहिने बायें सभी ओर है। इसलिये यदि यह ऊपरसे नीचे-

नलीमें पारेके सिरा वायु नहीं घुसने पातो। इसी अवस्था-
में मुँहका दबाये हुए, पारेस भरे हुए प्यालेमें मुँहको
दुबो दो और तब अँगूठा हटा लो। नलीमेंसे कुछ पारा बाहर
आ जायगा (चित्र ५६) प्यालेमें रखे हुए पारेके तलसे



चित्र ५६

भी ऊँचाई वही होगी जो नलीको सीधी खड़ी रखनेमें थी।
यदि फिर नली खड़ी की जाय तो पारा उतरता हुआ दीखेगा
पर पारातलकी ऊँचाई सदैव ३० इंचके लगभग रहेगी। इससे
प्रत्यक्ष है कि यह खाली स्थान सचमुच रिक्त वा शून्य है। इसमें
हवा भी नहीं है। ऐसे स्थानको वायुशून्य (vacuum) कहते

नलीमें थमे हुए पारेके
तलकी ऊँचाई ३० इंचके
लगभग रहेगी। नलीमें
ऊपर जो स्थान खाली हो
गया है वहा क्या है? कुछ
भी नहीं। इसकी परीक्षा
नलीके ऊपरी सिरेको मुँहा
नेसे की जा सकती है।
ज्यों ज्यों नली मुँहायी
जायगी त्यों त्यों पारा भरता
जायगा, परन्तु इसके तलकी
ऊँचाई प्यालेके पारा तलसे
सदैव ३० इंच रहेगी।
जिस समय नली विलकुल
भर जाय उसी समय नली-
के सिरेकी ऊँचाई पारा-
तलसे नाप लो। इस बार

है। इसका भेद पहिले पहल टुरीसेली (Torricelli) नामक वैज्ञानिकने पाया था, इसलिए नलीके वायु शून्यको टुरीसेलीय वायुशून्य (Torricellian Vacuum) कहते हैं।

यह स्मरण रखना चाहिये कि पारेकी यह ऊंचाई सदैर एकसी ३० इंच नहीं रहती, घटती बढ़ती रहती है, जिससे पता चलता है कि वायुमण्डलका दबाव पारातलपर घटता बढ़ता रहना है। यह घटना बढ़ना प्रति क्षण प्रत्येक स्थानपर लगा रहता है, कभी ऊंचाई स्थिर नहीं रह पाती, परन्तु समाप्त ऋतुमें यह अन्तर बहुत नहीं बढ़ने पाता। 'हाँ, जब वायुमण्डलमें अधिक परिवर्तन होनेका होना है तब इस बैरोमीटर (Barometer) या वायु-भार मानके पारेकी ऊंचाईमें भी बहुत अन्तर पड़ जाता है।

चित्र ५६ में दिखाये हुए सरल यन्त्रसे एक ही स्थानमें रखकर काम ले सकते हैं, फिर भी ऊंचाई नापनेकी कठिनाई कुछ कम नहीं होगी। जहा दशमांश इंचके भी दशमांश परिमाणका अन्तर मालूम करना पड़ता है वहां यह बेचारा क्या काम दे सकता है क्योंकि अन्तरकी शुद्धता नापकी शुद्धतापर एक दम निर्भर है। ऐसे कामके लिए कोई ऐसा यन्त्र होना चाहिये जिसमें बार बार नापनेका बखेड़ा न करना पड़े। इसी कठिनाईको दूर करनेके लिए पारेकी ऊँची और काँच-नली अलग अलग नहीं लेते बरन् दोनोंका काम एक नलीसे निकालते हैं। यह नली ४० इंचके लगभग लम्बी लेने हैं। इसका एक सिरा बंद रहता है। दूसरे सिरके पास ६, ७ इंचकी दूरीपर नली U नलीकी तरह मुड़ी रहती है (देखो चित्र ६०)

पारा भरनेकी क्रिया—पहिले खुले मुहमें कीप लगा कर पारा मुंहनक भर देते हैं और अँगूठेसे मुंहको खूब दबाकर बन्द



मुंहके सिरेको झुका देते हैं। झुकानेसे पारा बन्द सिरेके पास बडी नलीमें गिरने लगता है और वहाँकी हवा ऊपर खुले सिरेके पास चढने लगती है। जब सब हवा मुंहके पास आ जाती है फिर उसी तरह पारा भरकर झुकाते हैं। कई बार ऐसा करनेसे बन्द नलीकी सब हवा निकल जाती है। ऊपर वायु शून्यके अतिरिक्त कुछ नहीं रह पाता। दोनों भुजोंके पारातलोंकी ऊँचाईका अन्तर वायुमण्डलके दबावको नापता है।

नापनेके चिह्नके बनानेकी क्रिया—वायु भार मानकी नलिया ऐसी भी मिलती है जिनमें चिह्न बने बनाये रहते हैं। इनमें अब कोई चिह्न बनानेकी आवश्यकता नहीं पडती। चिह्न न बने हों तो एक सीधे लकडीके तखतेको जिसकी लम्बाई चौडाई बरु नलीकी लम्बाई चौडाईसे कुछ ही अधिक हो नलीमें दो स्थानोंपर अच्छी तरह कस दो जिससे

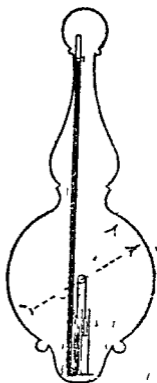
चित्र ६० नली लकडीपर खसक न सके। फिर इच, दशमांश इच, नापकर चिह्न बनादो। साधारणत कुल तन्तेपर चिह्न नहीं बनाये जाते, ऊपर नीचे ऊँचाईके अनुसार चिह्न बना दिये जाते हैं।

इस तरहके वायु-भार-मान बहुत कम देखनेमें आते हैं। साधारणत ऐसे देखे जाते हैं जो बडीकी तरह होते हैं और जिनमें लिखा रहता है (stormy) “अन्धड”, (rain) “धरपा”, (change) “परिवर्तन”, (fair) “साधारण”

{ very dry } "बहुत सूखा", इत्यादि । (देखो चित्र ६१) ।



चित्र ६१



चित्र ६२

जहां आंधी लिखी हुई है वहाँ २८ का अंक भी दिया हुआ है, वर्षाके साथ २६ का अंक दिया हुआ है, इसी तरह और भी समझ लो । प्रत्येक अंकका तात्पर्य उस अंकसे है जो वायुमंडलके दबावको तोलते हुए पारेकी ऊंचाईको सूचित करता है । जिस अंक और अंश पर सुई रहती है वही वायु भार-मानके पारेकी ऊंचाई समझी जाती है । वायुमंडलका दबाव बहुत कम हो जाता है तब आंधी आने वा वर्षा होने

की सम्भावना होती है। इसी तरह जब दबाव बहुत अधिक हो जाता है तब वायु मडल बहुत सूखा समझा जाता है।

चित्र ६२ में वायु-भार मानके भीतरी अंग दिखलाये गये हैं, जिनके द्वारा सुई पारेके चढ़ने उतरनेपर घूमती है और ऋतु परिवर्तनकी सूचना देती है।

दबावके कम पडनेके कारण हवाका पतला होना या हवामें जल वाष्पका अधिक होना या ये दोनों हैं। यदि जलवाष्प अधिक हुई तो वर्षा होती है और जब हवा सूखी और पतली होती है तब जोर की आंधी आती है। यह बात ताप परिवहनके साथ बतलाई जा चुकी है कि जब हवा तापके कारण पतली होकर ऊपर जाती है तब आस पासकी ठंडी और भारी हवा वेगसे उस स्थानमें आ जाती है। यदि हवा सूखी और ठंडी हुई तो इसका दबाव अत्यन्त अधिक होता है यही कारण है कि दिसम्बर जनवरीके महीनोंमें वायु-भार मानके पारेकी ऊंचाई सबसे अधिक होती है और जून, जुलाईके महीनोंमें सबसे कम।

वायु-भार मान और अन्य बहुत से यन्त्रोंके सहारे ऋतु-परिवर्तन इत्यादिका पता लगाना और उनसे कृषि संबंधी कार्योंके समझनेकी कुशलता प्राप्त करना ऐसी गम्भीर और उपयोगी विद्या है कि इसकी पूरी विवेचना करनेमें कई पुस्तकें तैयार हो सकती हैं, इसलिए यहां उसका थोडा सा ही दिग्दर्शन कराया गया है।

पहाड़ोंकी ऊंचाई नापना-वायु-भार-मानके वायुमडलके दबाव का पता चलता है। इस दबावका कारण उस वायुका घोसा है जो पारातलको दबा रही है। यह वायु ५० या २०० मीलकी

ऊर्चाईतक फैली हुई है। इसलिए यदि यह ऊर्चाई किसी तरह कम हो जाय तो वायुका दबाव भी कम पड जायगा। सैकड़ों प्रयोगों द्वारा यह सिद्ध किया जा चुका है कि ज्यों ज्यों ऊपर चढते जाते हैं पारेकी ऊर्चाई कम होती जाती है। मोटे हिसाबसे यह कहा जा सकता है कि प्रति ६०० फुट ऊर्चाईके चढावमें १ इंच पारा नीचे खसक आता है। इसी प्रकार ६०० फुट नीचे जानेमें पारा १ इंच ऊपर चढ जाता है। समुद्रके समस्थलमें पारेकी उर्चाई साधारण तापक्रमपर ३० इंच होती है। इस मोटे हिसाबसे पहाड़ोंकी ऊर्चाईका भी पता चल सकता है।

यह स्मरण रखना चाहिये कि यह हिसाब बहुत ही मोटा है। कुछ दूर तक तो ठीक ठीक ऊर्चाईका पता चल सकता है किंतु बहुत ऊपर हवाके बहुत पतले हो जानेसे और हिसाब लगाना पडता है।

अनार्द्र वायु भार मान—लचीली धातुकी चहरोंका एक प्रकारका वायु भार-मान बनाया जाता है। इसमें पारा भरनेकी आवश्यकता नहीं पडती इसलिए एक स्थानसे दूसरे स्थानको ले जानेमें आसानी पडती है। ज्यों ज्यों वायुका दबाव बढ़ता जाता है चहर दबती जाती है और उसमें पेचों द्वारा लगी हुई सुई घूमती जाती है। इसी तरह दबावके कम होनेसे चहर टूटती जाती है और सुई उलटी घूमने लगती है। ऐसे यन्त्रको अनार्द्र वायु-भार मान (Anoroid Barometer) कहते हैं।

अभ्यासार्थ प्रश्न—२१

(१) यदि पारेके स्थानमें पानी वा ग्लिसरीन का प्रयोग किया जाय तो वायु-भार-मानकी ऊर्चाई क्या होगी ? पारा पानीसे १३ x गुना भारी है और ग्लिसरीन पानीसे १ २६ गुना भारी है।

- (३) ०००३५ व० मी० (४) १५०३ व० सें० मी०
 (५) ००८० व० डे० मी० (६) ७६६०६ व० सें० मी०
 (७) १३३६५१ व० मि० मी० (८) $\frac{१}{४}\frac{३}{४}$ वर्ग गज
 (९) ३० वर्ग गज ५ वर्ग फुट (१०) $\frac{३}{४}\frac{३}{४}$ वर्ग गज

५ [पृष्ठ ३५, ३३]

- (१) १०० व० सें० मी०
 (२) [१] ६००० व० सें० मी०, [२] ३४५ व० फुट, [३] $१६\frac{३}{४}$ वर्ग गज
 (३) [१] २२५ ७ डे० मी० [२] २० फुट
 (४) १५०० व० फुट (५) ११७ पेड (६) २८ टुकडे, $\frac{३}{४}\frac{३}{४}$
 (७) २३ रु० ६ आ० ४ $\frac{३}{४}$ पा० (८) २५४ व० मी० (९) १० रु०
 १ आ० ८ पा०

६ [पृष्ठ ४०]

- (१) ८४८ व० सें० मी०, १३५ व० फुट, ३ व० ग० ३ व० फुट ११७ ५
 व० इ०
 (४) १७ ४१ व० सें० मी०

७ [पृष्ठ ४४, ४५]

- (१) [१] ६ ६१६ व० फुट, [२] ३१४ व० डे० मी० [३] ११६७६ व० सें०
 मी० [४] ३०५८ ६ व० मी०
 (२) ८६६३ (३) ८ १६५ फुट, ५ ७७ फुट
 (४) जल्दी ७ मि० १६ सेकंड पहले भर जायगा। (५) ३२०८ ६ फुट

८ [पृष्ठ ५३]

- (१) २५०० घन हाथ (२) २४ (३) ६३७ $\frac{३}{४}$ मन
 (४) १३५० घ० फु०

६ [पृष्ठ ६४]

- (१) ३ लीटर (२) २०० (३) १६३८७ (४) ११ $\frac{१}{४}$ फुट
(५) ८ दिन

१० [पृष्ठ ६८, ६९]

- (१) ३७२३ ४ घ० सें० मी० (२) १०७३ स० घ० फुट
(३) १८८४ घ० फुट (४) २५७२ ६१ घ० सें० मी०
(५) ११०२ सें० मी०, ७३५ लगभग
(६) १३०४ ४० ११ ग्रा० (८) १ स० मि० मी०

११ [पृष्ठ ७५]

- (१) १८ स० सेर (२) ५३१ ७१ घ० इ० (३) ४६७१ ६६ घ० इ०
(४) १३३ ६७ घ० इ० (५) ४७१/१६०००
(६) बेजन्त का घनफल ११ प्र^३, उत्तसूची का घनफल $\frac{१}{३}$ ११ प्र^३
गोलाकार का घनफल $\frac{३}{४}$ ११ प्र^३
(७) १३३ १०५ घ० ग० (८) २४७६४ ६ x १०^३ घनमी०
(९) ४६ ६ घनइंच

१२ [पृष्ठ ६१]

- (३) लन्दनमें अफिर, मद्रासमें कम । (७) ६३ घ० सें० मी०
(८) ८८ ५५ ग्राम (९) ६ ३४२ किलो ग्राम

१३ [पृष्ठ ६४]

- (१) ७ २ ग्राम प्र० घ० सें० मी० (२) ७८ ग्राम प्र० ७० सें० मी०
(३) ७५ ग्राम प्र० घ० सें० मी० (४) १० ४ ग्राम प्र० घ० सें० मी०
(५) ८६२ ग्राम प्र० घ० सें० मी० (६) जल

१४ [पृष्ठ ६६]

- (१) ७२० ग्राम (२) ४८.५४ घ० सें० मी० (३) १२
 (४) २ २२ घ० सें० मी० (५) ४३४ सें० मी० (६) ००७४ सें० मी०

१५ [पृष्ठ १०६, १०७]

- (१) ५५६ ३ पौंड प्रति घन फुट (२) २३६ ३६ ग्राम
 (३) ४ सें० मी० (४) ०२४६ सें० मी०
 (५) १००२८६ सें० मी० (६) ७७ २३ ग्राम (७) ३३४ ग्रैन
 (८) मिलायदी (९) ७७ (१०) ६६ ६४ ग्राम

१६ [पृष्ठ ११६, ११७]

- (१) ५ (२) १ (३) ३६ ४२ घ० सें० मी०, ७ ५५
 (४) ८१७ इंच (५) १ ३१२ फुट (६) १४० ६२५ पौंडका भार
 (७) ७४, ८० ५ पौंड (८) ६ २१
 (९) २ ६२ ५ ७७ घ० सें० मी०
 (१०) ५० ०५ ग्राम (११) ५१ १०४ ग्राम
 (१२) ६ ६७ घ० सें० मी० (१३) १ ३२५
 (१४) २ ३२ (१५) ८७

१८ [पृष्ठ १४३, १४४]

- (१) १५४ डी०, ७१ डी०, २३ डी०, १ डी०
 (२) ६७ ७७ ग, ४४ ४४ श; - ४ ४४ श; - २५ श
 (३) [क] १७२ डी०, [ख] ६७४ डी०, [ग] ६५ डी०
 (४) [क] ६७ ६१ डी०, [ख] ११५ श, [ग] ६६१ श
 (५) - ७ श की श्रुति

२१ [पृष्ठ २१२]

- (१) पानी की उचाई ३३ ७५ फुट, ग्लिसरीन की उचाई २६ फुट ६ इंच

वाचू सूरज प्रसा. रूग्ना के प्रबन्ध से हिन्दी साहित्य
 प्रेस प्रयाग, में छपा ।

1
2